はじめに

みなさん，こんにちは。

この講座は，「有機化学」を扱います。

「異性体を書くことができる」「官能基ごとに反応を言うことができる」を目標にしています。
詳しい反応機構は高3の有機化学の講座で学びます。
高1・2では反応を頭に入れましょう。

まずは有機化合物を愛することからです。有機化合物を愛し，手を動かして何度も解き進めることで，有機化合物の構造を決定することが楽しくなるはずです。
苦手な方は，時間がかかっても構いません。
あきらめずに，向き合ってみましょう。

13～20講では，高分子化合物を扱います。
高分子でも有機反応が登場するので，1～12講の内容を復習しながら進めていきましょう。

高分子化合物に慣れていない人は，とにかく手を動かして書いてみてくださいね。
構造も，反応も書いてみることです。
映像を途中で止めてもいいので，手を動かしましょう。

最後に。
しんどい時こそ，講義を受けてください。カメラ越しではありますが，全力で，応援しています。

坂田　薫

目次

第1章　有機化学の基礎

第1講　有機化合物の構造決定・元素分析 ―― p.4
第2講　有機化合物の構造 ―― p.8
第3講　構造異性体 ―― p.12
第4講　立体異性体 ―― p.16

第2章　脂肪族化合物の性質

第5講　アルカン・アルケン(1) ―― p.20
第6講　アルケン(2)・アルキン ―― p.26
第7講　アルコール・エーテル ―― p.32
第8講　アルデヒド・ケトン ―― p.36
第9講　カルボン酸・エステル ―― p.40

第3章　芳香族化合物の性質

第10講　ベンゼン ―― p.46
第11講　フェノール ―― p.52
第12講　アニリン・芳香族の分離 ―― p.58

第4章　天然有機(高分子)化合物

第13講　糖類(単糖・二糖) ―― p.64
第14講　糖類(多糖) ―― p.68
第15講　アミノ酸 ―― p.74
第16講　タンパク質 ―― p.78
第17講　油脂とせっけん ―― p.84

第5章　合成高分子化合物

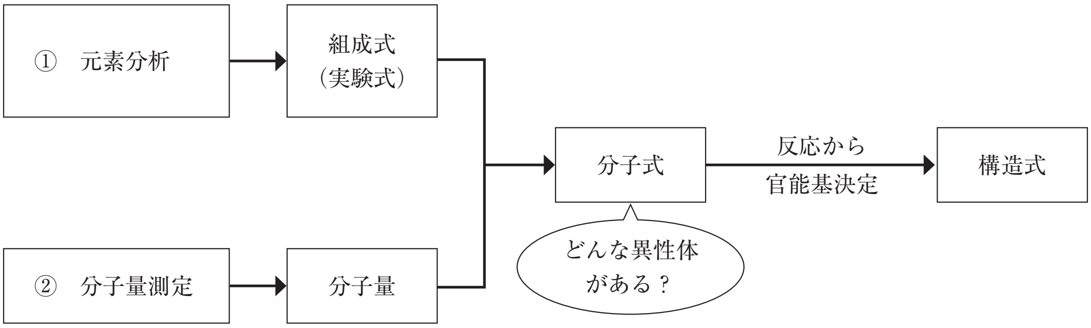
第18講　合成高分子(付加重合系・ビニロン) ―― p.90
第19講　合成高分子(ゴム・イオン交換樹脂) ―― p.96
第20講　合成高分子(ナイロン・ポリエステル) ―― p.102

第1章　有機化学の基礎

第1講　有機化合物の構造決定・元素分析

1　有機化合物の構造決定

大学入試における有機化学の目標は，与えられた情報から，有機化合物の構造を決定することである。構造を決定するために，何が必要なのかを確認していく。

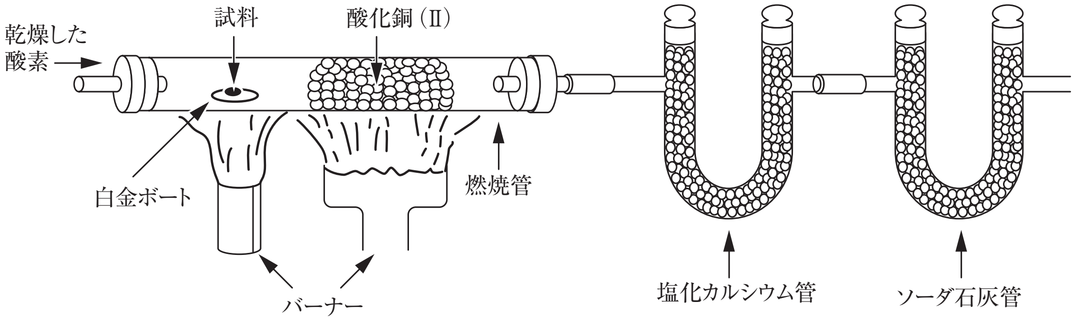


①元素分析（組成式の決定）

有機化合物の組成式を決定するために，有機化合物中のC原子はCO_2に，H原子はH_2Oに変化させ，それぞれの量を決定する。

有機化合物の多くは，C･H･Oから構成されているため，燃焼反応を利用することが多い。

※実験



注意1：炭素の不完全燃焼により生じるCOをCO_2に変化させるために，酸化銅（Ⅱ）と共に燃焼させる。

$$CO + CuO \longrightarrow Cu + CO_2$$

注意2：ソーダ石灰はCO_2だけでなくH_2Oも吸収するため，塩化カルシウム管とソーダ石灰管の順番は逆にしてはならない。

②分子量測定

分子量測定は理論化学ですでに学んでいるものが多い。代表的なものを以下に記す。

a. 気体の状態方程式(有機化合物の沸点が高くないとき・揮発性のとき)

有機化合物を気体に変化させ，その密度を測定することで，分子量を導くことができる。

$$PV = nRT,\ n = \frac{w}{M} \quad より \quad M = \frac{w}{V} \cdot \frac{RT}{P}$$

b．比重(有機化合物が常温付近で気体のとき)

基準となる気体(例えば空気，分子量M_Aとする)に対する比重から分子量Mを導くことができる。

$$M = M_A \times 比重$$

c．中和滴定(有機化合物が酸性，塩基性のとき)

例えば，有機化合物がn価の酸である場合，C(mol/L)，N価の塩基を用いた中和滴定で分子量Mを導くことができる。

有機化合物w(g)に対し，塩基がV(mL)必要だったとすると，

$$\frac{w}{M} \times n = C \times \frac{V}{1000} \times N$$

d．凝固点降下(有機化合物が不揮発性で低分子のとき)

有機化合物の溶液の凝固点降下度ΔT_fを測定することにより，分子量を導くことができる。

$$\Delta T_f = K_f \times m,\ m = \frac{\frac{w}{M}}{w(溶媒)}$$

(K_f：モル凝固点降下)

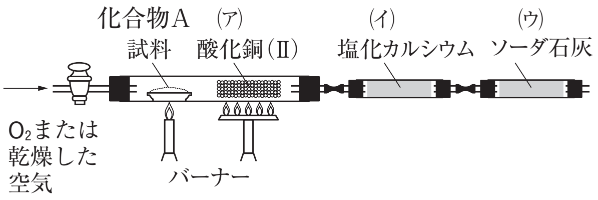
e．浸透圧(有機化合物が高分子のとき)

有機化合物の溶液の浸透圧π(Pa)を測定することにより，分子量を導くことができる。

$$\pi V = nRT,\ n = \frac{w}{M} \quad より \quad M = \frac{w}{V} \cdot \frac{RT}{\pi}$$

第１講　演習問題

1　分子量120以下の有機化合物Aの組成式を決定するために，下図の装置を用いて元素分析を行った。A 50mgをO_2または乾燥空気中で燃焼させたところ，(イ)では72mg，(ウ)では154mgそれぞれ質量が増加した。



元素分析の装置図

(1)　装置図に示した(ア)の酸化銅(Ⅱ)の役割を15字以内で書け。

(2)　装置図の(イ)，(ウ)は，順序を逆にしてはならない。その理由を20字以内で説明せよ。

(3)　Aの分子式を書け。ただし，原子量は，H＝1.0，C＝12，O＝16とする。

第1講　確認テスト

1　炭素，水素，酸素からなる化合物124mgをとり，図1に示す装置を用いて完全燃焼させた。燃焼後の混合気体を，塩化カルシウム管，次いでソーダ石灰管に順次通じたところ，塩化カルシウム管の質量は108mg，ソーダ石灰管の質量は176mgそれぞれ増加した。

　また，別の実験から，この化合物の分子量は40～80の間であることがわかった。この化合物の分子式として最も適当なものを，下の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし，原子量は，H＝1.0，C＝12，O＝16とする。

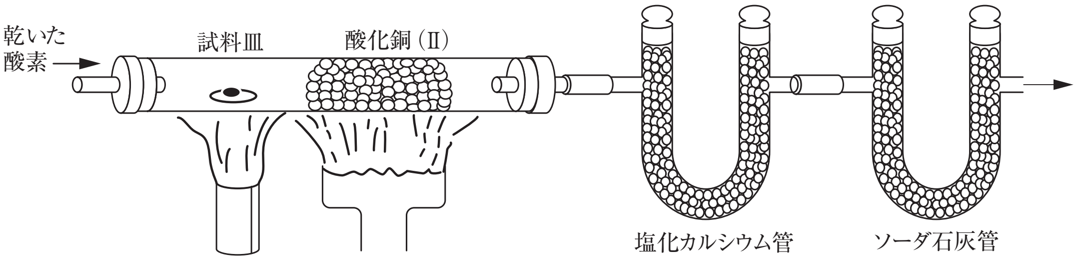


図　1

①　CH_2O　　②　CH_3O　　③　C_2H_4O　　④　$C_2H_6O_2$　　⑤　$C_3H_6O_2$　　⑥　$C_4H_{10}O$

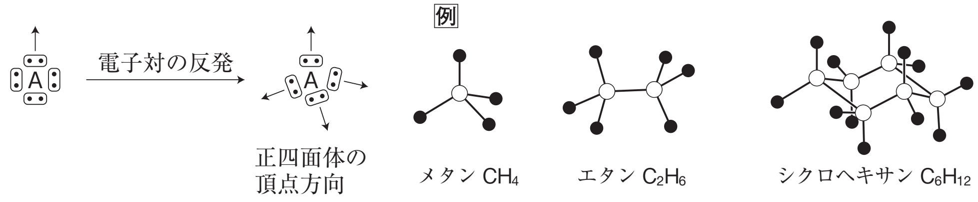
第2講　有機化合物の構造

2　有機化合物の立体構造

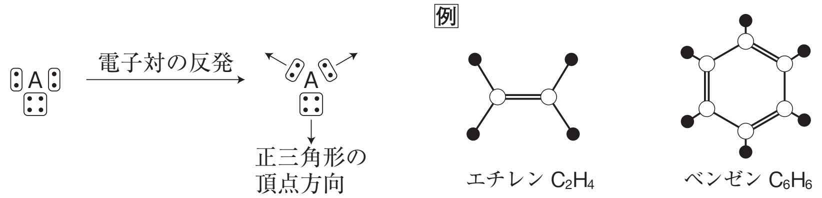
　有機化合物は非金属の化合物のため『分子』である。よって，立体構造は『分子』で学んでいる通り，中心原子の周りにある電子対の数で決まる。
　有機化学では，見やすさを重視し，その立体構造を平面で表記している。よって，本当の立体構造を理解した上で構造式を使わないと，有機化学を理解することはできない。
　分子の構造の復習を含め，有機化合物の立体構造の例を記しておく。

　原子の周りに，何対の電子対があるかで構造が決まる(このとき，二重結合や三重結合もそれぞれ一対と考える)。それぞれの電子対は，反発が最小になるように配置される。

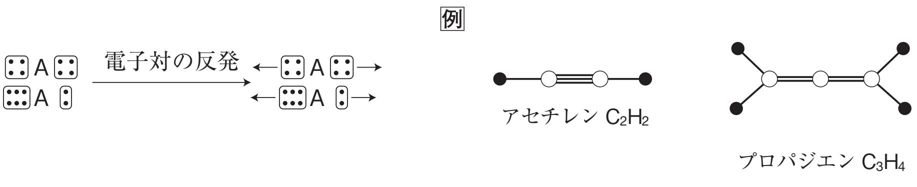
・4対のとき(単結合×4)→正四面体



・3対のとき(単結合×2＋二重結合×1)→正三角形



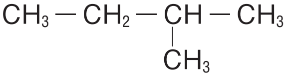
・2対のとき(三重結合×1＋単結合×1，または二重結合×2)→直線

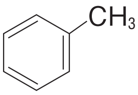


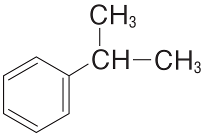
第2講　演習問題

1　全ての炭素原子が常に同一平面上にあるものを選べ。

(ア)　$CH_2=CH-CH_3$

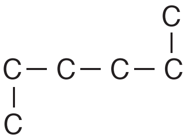
(イ)


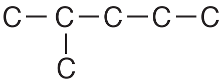
(ウ)


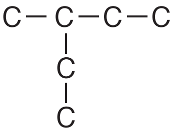
(エ)


(オ)　$CH\equiv C-CH_3$

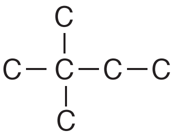
2　次の炭素骨格のうち，同一のものがないのはどれか。

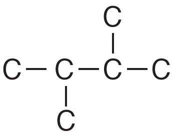
①


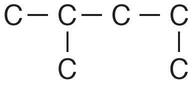
②


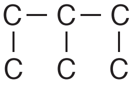
③


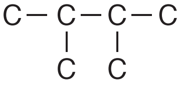
④　C−C−C−C−C−C

⑤


⑥


⑦


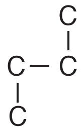
⑧


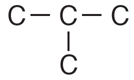
⑨


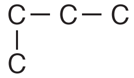
第2講　確認テスト

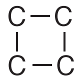
1　次の炭素骨格のうち，同一のものを全て答えよ。

ア　C−C−C−C

イ　

ウ　

エ　

オ　

＜Note＞

第３講　構造異性体

3　異性体

有機化合物には，分子式ごとに多くの構造が存在する。それが異性体である。よって，分子式が決定したら，その分子式で可能な異性体を考えていかなくてはならない。

構造異性体は『書き出せるかどうか』，立体異性体は『見つけることができるかどうか』が問われていく。

①構造異性体

構造式が異なるもの，すなわち，元素や結合の配列の異なるものが構造異性体である。

書くときのポイントは

『C骨格を決めて官能基をつける』

ことである。

よって，C骨格を書き出せるかどうかである。

第3講　演習問題

1　C_5H_{12}，$C_5H_{12}O$，C_5H_{10}の構造異性体はそれぞれ何種類あるか。

第３講　確認テスト

1　C_4H_8O の構造異性体の中で C＝O をもつ化合物は何種類あるか。

＜Note＞

第4講　立体異性体

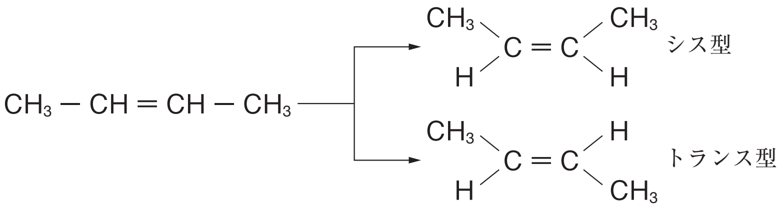
3　異性体

②立体異性体

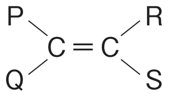
原子団の空間配列が異なるのが立体異性体である。同じ構造式で表すことができるため，立体異性体の存在は，有機化合物の立体構造を考えて，はじめて見えてくる。

a．幾何異性体

炭素間二重結合や環状構造は回転できない(回転障害)。これにより生じるのが幾何異性体である。



☆幾何異性体が生じる条件

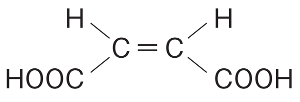


<u>$P \neq Q \ \cap \ R \neq S$</u>

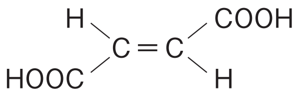
幾何異性体は，化学的性質は同じであるが，物理的性質は異なる。

例　どんな性質の違いがあるか考えてみよう。

$C_4H_4O_4$



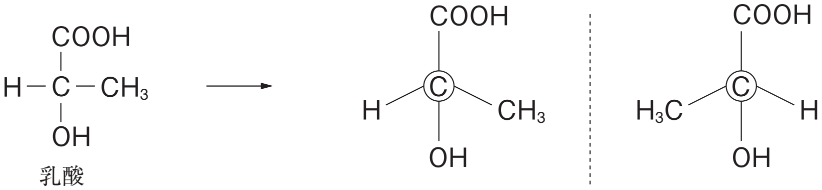
マレイン酸
(シス型)



フマル酸
(トランス型)

b．光学異性体

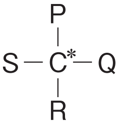
不斉炭素原子をもつことにより生じるのが光学異性体である。



乳酸

鏡像体
（対掌体）

☆光学異性体が生じる条件



P≠Q≠R≠Sすなわち不斉炭素原子がある

一般に，不斉炭素原子がn個あると，光学異性体は2^n個存在する。

光学異性体は,化学的性質や物理的性質は同じである。光に対する性質(**旋光性**)が異なる。

第４講　演習問題

1　次の中から幾何異性体が存在するものを選べ。

⑺　$CH_2=CHCH_3$
⑴　$CH_3CH=CHCH_3$
⑸　$CH_3CH=CHCOOH$
⑺　$CH_2=CHCl$
⑻　$CH_3CH_2CH=CHCH_3$

2　次の中から光学異性体が存在するものを選べ。

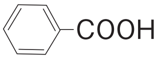
(ア)　$CH_3CH(OH)COOH$
(イ)　CH_3CH_2COOH
(ウ)　$CH_3CH(OH)CH_3$
(エ)　$CH_3CH(NH_2)COOH$
(オ)　$CH_3CH=CHCH_2OH$

第４講　確認テスト

1　光学異性体が存在する化合物の正しい組み合わせを次の①～⑤の中から選べ。

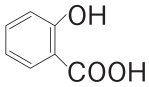
(a)　HCOOH

(b)

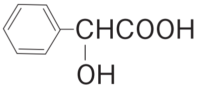


(c)　$CH_3CHCOOH$（CH の下に OH）

(d)



(e)



①　(a，d)　　②　(b，e)　　③　(c，e)　　④　(a，c)　　⑤　(b，d)

第2章　脂肪族化合物の性質

第5講　アルカン・アルケン(1)

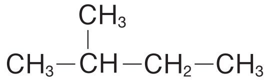
1　炭化水素

①アルカン：鎖式飽和炭化水素(C_nH_{2n+2})

名『～ane』

$n=1$	CH_4	メタン
$n=2$	C_2H_6	エタン
$n=3$	C_3H_8	プロパン
$n=4$	C_4H_{10}	ブタン
$n=5$	C_5H_{12}	ペンタン
$n=6$	C_6H_{14}	ヘキサン
$n=7$	C_7H_{16}	ヘプタン
$n=8$	C_8H_{18}	オクタン
$n=9$	C_9H_{20}	ノナン
$n=10$	$C_{10}H_{22}$	デカン

例：



2－メチルブタン

反応　結合(C－C・C－H)を無理矢理切る

a．熱分解(クラッキング)

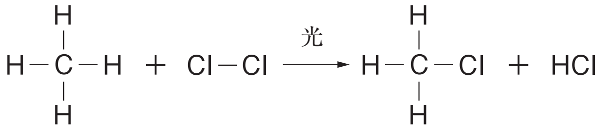
炭素数の大きいアルカンを強熱により分解し，炭素数の小さい炭化水素にする。

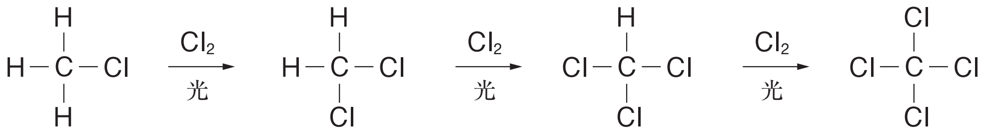
例：

$$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3 \xrightarrow{\text{熱}} CH_2=CH_2 \ + \ CH_3-CH_2-CH_3$$

b．置換反応(ハロゲン化)

例：





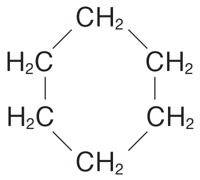
クロロメタン(塩化メチル)　ジクロロメタン(塩化メチレン)　トリクロロメタン(クロロホルム)　テトラクロロメタン(四塩化炭素)

光(紫外線)の照射により，ハロゲンの単体と反応し，ハロゲン化炭化水素へ変化する。

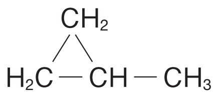
②シクロアルカン：環式飽和炭化水素（C_nH_{2n}）

名　『シクロ～ane』

例：

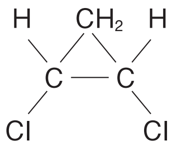


シクロヘキサン

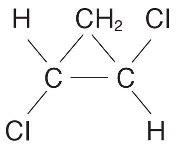


メチルシクロプロパン

注意：環状構造は回転できないため，幾何異性体が存在する可能性がある。



シス－1,2－ジクロロシクロプロパン



トランス－1,2－ジクロロシクロプロパン

反応　基本的にアルカンと同じ

③アルケン：不飽和炭化水素(C_nH_{2n})

名 『～ene』

n=2　C_2H_4　エテン(**エチレン**)

n=3　C_3H_6　プロペン(**プロピレン**)

n=4　C_4H_8　ブテン

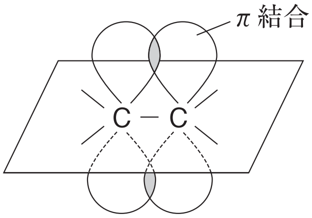
n=5　C_5H_{10}　ペンテン

例：

$CH_3-CH=CH-CH_3$

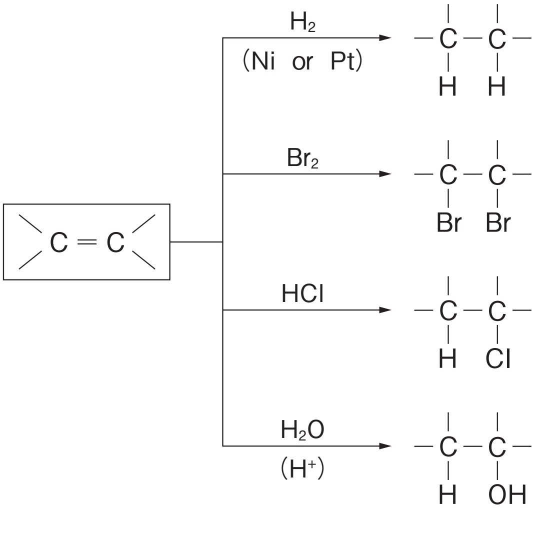
2-ブテン

反応　C＝C結合(π結合)への付加



a．付加反応

π結合にH_2，ハロゲン，酸※，H_2O※が付加する。

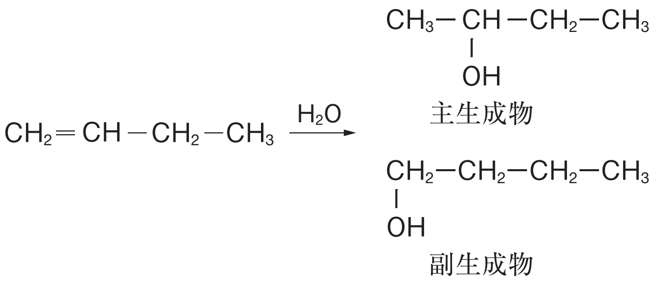


検　C=C，C≡C

※マルコフニコフ則

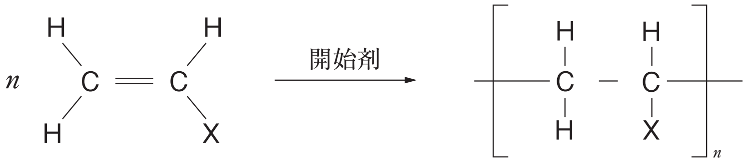
非対称アルケンに酸や水が付加するとき，より多くのＨ原子と結合しているＣ原子にＨ原子が付加しやすい。

例：



b．付加重合

適当な開始剤を加えることにより，アルケン分子同士が付加反応を繰り返し，重合していく。



第5講　演習問題

1　鎖式飽和炭化水素に関する記述として誤りを含むものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。

①　分子式はC_nH_{2n}で表される。
②　水に溶けにくい。
③　直鎖状の化合物の沸点は，分子量が大きいものほど高い。
④　炭素原子の数が4以上の化合物には，構造異性体が存在する。
⑤　炭素原子の数が6以下の化合物には，不斉炭素原子をもつものは存在しない。

第5講　確認テスト

1　脂肪族飽和炭化水素について，鎖式(鎖状)か環式(環状)のどちらか一方の炭化水素のみに当てはまる記述を，次の①～⑤のうちから一つ選べ。

①　炭素原子と水素原子だけからできている。
②　構成している水素原子の数は奇数である。
③　炭素数が一つ増えると，分子量は15増える。
④　分子式は，C_nH_{2n+2}で表される。
⑤　炭素原子間に二重結合がない。

第6講　アルケン(2)・アルキン

③アルケン：不飽和炭化水素（C_nH_{2n}）

名　『〜ene』

n=2　C_2H_4　エテン（**エチレン**）

n=3　C_3H_6　プロペン（**プロピレン**）

n=4　C_4H_8　ブテン

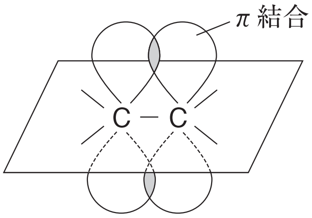
n=5　C_5H_{10}　ペンテン

例：

$CH_3-CH=CH-CH_3$

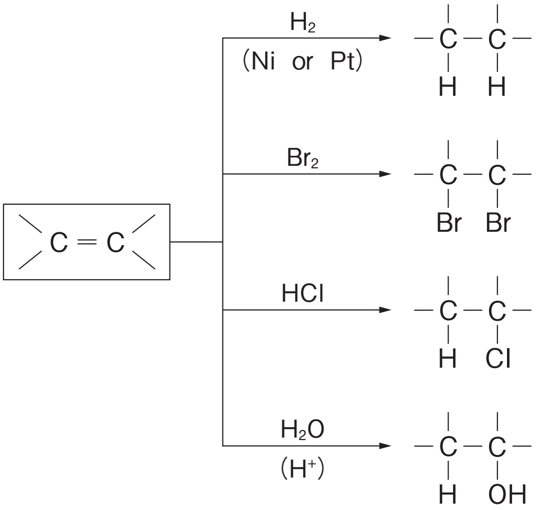
2-ブテン

反応　C＝C結合（π結合）への付加



a．付加反応

π結合にH_2，ハロゲン，酸※，H_2O※が付加する。

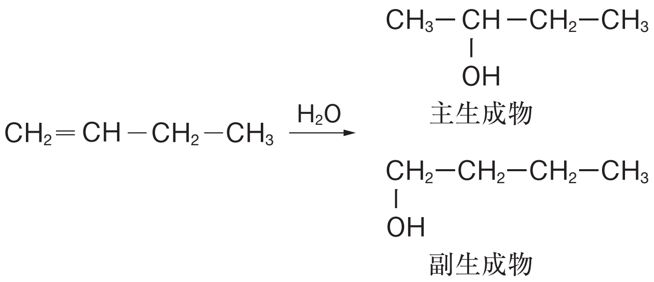


検　C＝C，C≡C

※マルコフニコフ則

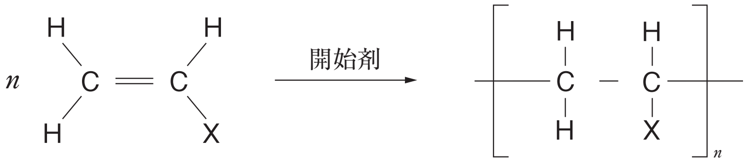
非対称アルケンに酸や水が付加するとき，より多くのH原子と結合しているC原子にH原子が付加しやすい。

例：



b．付加重合

適当な開始剤を加えることにより，アルケン分子同士が付加反応を繰り返し，重合していく。



1　炭化水素

④**アルキン**(C_nH_{2n-2})

名　『〜yne』

n=2　C_2H_2　　エチン(**アセチレン**)

n=3　C_3H_4　　プロピン

n=4　C_4H_6　　ブチン

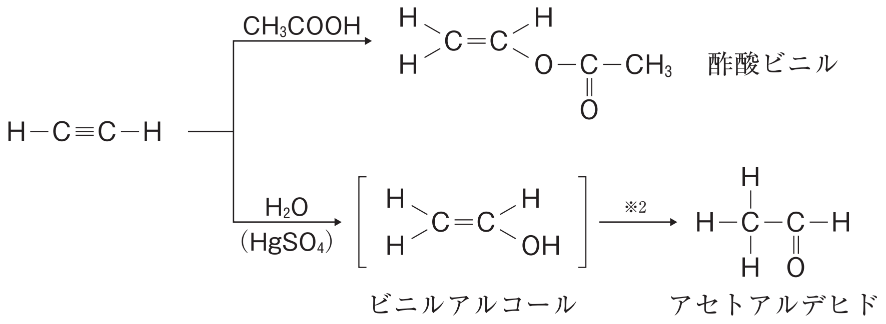
例：$CH{\equiv}C{-}CH_2{-}CH_3$
1-ブチン

反応　C≡C結合(π結合)への付加・－C≡C－Hの電離

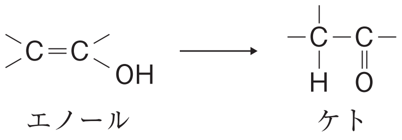
a．付加反応

π結合にH_2，ハロゲン，酸[※1]，H_2O[※1]が付加する。

※1　アルケン同様，マルコフニコフ則が成立

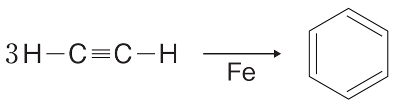


※2　ケトーエノール互変異性



b．付加重合

アルケン同様，付加により重合が起こる。しかし，二分子，三分子のみである。



第6講　演習問題

1　分子式がC_5H_{10}の炭化水素について，(1)～(4)の問いに答えよ。

分子式がC_5H_{10}の炭化水素には多数の構造異性体が存在するが，それらのうちの4種の構造異性体A～Dについて，次のような情報が得られている。

(ア)　Aは分子内にメチル基をもたないが，他の炭化水素はメチル基をもつ。

(イ)　Bには立体異性体が存在するが，他の炭化水素には立体異性体は存在しない。

(ウ)　Aには水素が付加しないが，B～Dには水素が付加する。

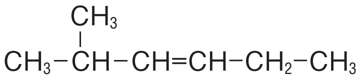
(エ)　(ウ)においてBとCからは同一物質Eを生じる。

(オ)　Dは分子内のすべての炭素原子が同一平面上に存在する。また，Dに水を付加させると沸点の異なる2種類のアルコールを生じる。

(1)　AおよびBの名称を記せ。ただし，Bの立体異性体を区別する必要はない。

(2)　CおよびDの構造式を，解答例にならって記せ。

（解答例）



(3)　Bに臭素を付加させたときに生じる化合物には，立体異性体が全部で何種類考えられるか。その数を下の選択肢の中から選べ。

①　1種類　②　2種類　③　3種類　④　4種類　⑤　5種類　⑥　6種類

(4)　Eについて述べた次の記述のうち，正しいものを下の選択肢の中からすべて選べ。

①　メタンの同族体である。

②　炭素骨格に枝分かれ構造がある。

③　立体異性体が存在する。

④　塩素と混合して光を当てると，置換反応が起こる。

⑤　付加重合させると，高分子化合物を生じる。

2　次の文章を読み，各問の設問に答えなさい。

アセチレン1モルと水素1モルの付加反応で得られるアルケンに塩素を付加させると(　ア　)が得られ，これを熱分解すると(　イ　)が得られる。アセチレンにシアン化水素が付加すると(　ウ　)が生成する。またアセチレンに酢酸が付加すると(　エ　)が生成する。アセチレンに触媒をもちいて水を付加すると(　オ　)が生成するが，(　オ　)は不安定なため異性化して(　カ　)に変化する。

(1)　空欄(　ア　)に最も適するものを下の欄から選びなさい。

①　エチレングリコール　②　塩化エチル　③　クロロベンゼン
④　クロロホルム　⑤　1,2-ジクロロエタン　⑥　1,3-ブタジエン

(2)　空欄(　イ　)に最も適するものを下の欄から選びなさい。

①　エチレン　②　エチルアルコール　③　塩化エチル
④　塩化ビニル　⑤　クロロホルム　⑥　1,3-ブタジエン

(3)　空欄(　ウ　)に最も適するものを下の欄から選びなさい。

①　アクリロニトリル　②　アセトン　③　酢　酸
④　酢酸エチル　⑤　酢酸ビニル　⑥　ベンゼン

(4)　空欄(　エ　)に最も適するものを下の欄から選びなさい。

①　酢酸エチル　②　酢酸ビニル　③　ニトロベンゼン
④　1,3-ブタジエン　⑤　ベンゼン　⑥　無水酢酸

(5)　空欄(　オ　)，(　カ　)に最も適するものをそれぞれ下の欄から選びなさい。

①　アセトアルデヒド　②　イソプロピルアルコール　③　エチルアルコール
④　ビニルアルコール　⑤　1,3-ブタジエン　⑥　メチルアルコール

第6講　確認テスト

1　脂肪族炭化水素に関する記述として正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。

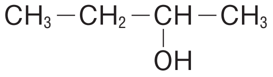
①　アルカンの炭素数が一つ増えると，分子量は15増加する。
②　アルカンの沸点は炭素数が増えるにつれて低くなる。
③　アルカンと塩素の混合気体に光を照射すると，付加反応が起こる。
④　アルケンの二重結合はアルカンの単結合より長い。
⑤　アルケンには，常にシクロアルカンの構造異性体が存在する。
⑥　アルケンを還元するとアルカンが得られる。

第７講　アルコール・エーテル

2　アルコール・エーテル

①アルコール（R－OH）
ヒドロキシ（ル）基

名　『～ol』

例：　2-ブタノール

反応　－OHの電離・脱水・酸化

a．Naと反応してH_2発生　　検　－OH

$$2ROH + 2Na \longrightarrow 2RONa + H_2$$

ナトリウムアルコキシド

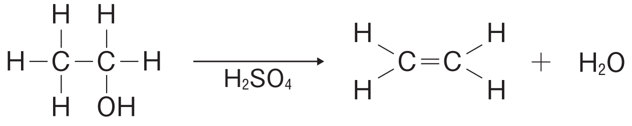
b．脱水

一般的な脱水は温度が100℃を超えるので，その温度に耐えることのできる濃硫酸を利用する。

(1)低温（130～140℃）⇒分子間

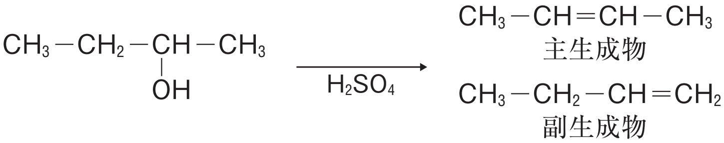
$$C_2H_5-OH + HO-C_2H_5 \xrightarrow[H_2SO_4]{} C_2H_5-O-C_2H_5 + H_2O$$

(2)高温（160～170℃）⇒分子内



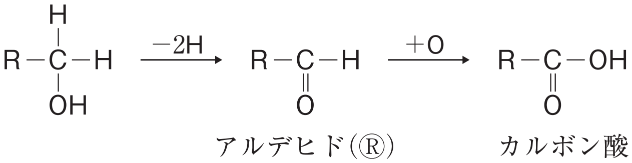
※ザイツェフ則

非対称のアルコールで分子内脱水が起こる場合，結合しているH原子が，より少ないC原子からH原子が脱離しやすい。

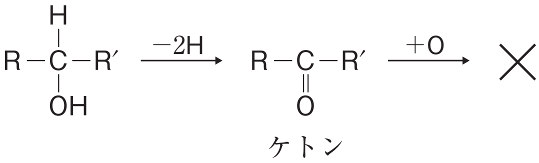


c. 酸化反応

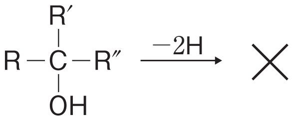
1級



2級



3級



②**エーテル**（R－O－R′）
エーテル結合

名　『RR′エーテル』

例：

$C_2H_5-O-C_2H_5$　　ジエチルエーテル

$CH_3-O-C_2H_5$　　エチルメチルエーテル

※揮発性・引火性・麻酔性をもつ

第7講　演習問題

1　化合物A～Dに関する次の記述①～⑤を読んで，(1)～(3)に答えよ。

①　炭素，水素，酸素からなる化合物A，BおよびCは同じ分子式であり，分子量は100以下である。

②　化合物Aを24.6mg完全に燃焼させたところ，水29.7mgと二酸化炭素58.7mgが生成した。

③　化合物A，BおよびCにそれぞれ酸化剤を加え，穏やかな条件で酸化を試みた。化合物Aからは化合物Dが生成したが，化合物Bと化合物Cは酸化されなかった。

④　化合物Bと化合物Cに単体のナトリウムを作用させたところ，化合物Bからは水素が発生したが，化合物Cからは水素が発生しなかった。

⑤　化合物Dには還元力がなかった。

(1)　化合物A，BおよびCの分子式を求めよ。必要があれば原子量はH＝1.0，C＝12.0，O＝16.0を用いよ。

(2)　下線部の反応を化学反応式で書け。

(3)　化合物Dの構造式を書け。

第7講　確認テスト

1　以下に示すアルコールに関する文章のうち，正しいものを全て選べ。

a．第3級アルコールは酸化されるとケトンを生じる。
b．金属ナトリウムと反応して水素が発生する。
c．アルコールを分子間で脱水縮合させるとエーテルが生じる。
d．アルコールは酸性を示す。
e．エーテルよりも沸点が高い。

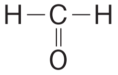
第8講　アルデヒド・ケトン

3　アルデヒド・ケトン

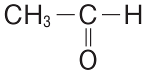
①アルデヒド(RCHO)
アルデヒド基

名　『～アルデヒド』

例：



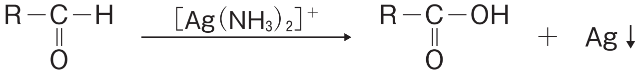
ホルムアルデヒド



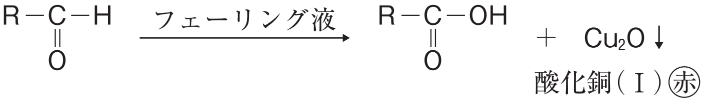
アセトアルデヒド

反応　還元性がある(自身は酸化される)
相手が弱い酸化剤のときは塩基性条件にする。

a．銀鏡反応(ⓄAg^+＋OH^-)
アンモニア性硝酸銀水溶液を加えて加熱すると銀が析出する。



b．フェーリング液を還元する反応(フェーリング反応)　(ⓄCu^{2+}＋OH^-)
フェーリング液※を加えて加熱すると酸化銅(Ⅰ)の赤色沈殿が生成する。
※硫酸銅(Ⅱ)＋酒石酸ナトリウムカリウム＋水酸化ナトリウム

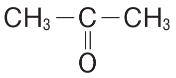


②ケトン（RCOR′）

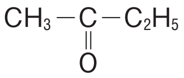
カルボニル基

名　『RR′ケトン・～one』

例：



アセトン
（ジメチルケトン・プロパノン）

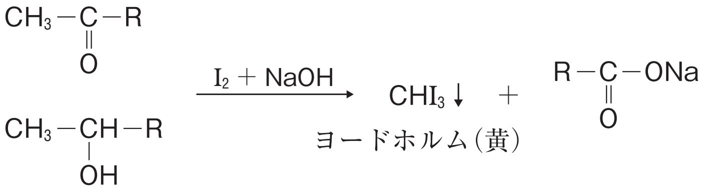


エチルメチルケトン
（ブタノン）

反応

a．ヨードホルム反応

下記の構造をもつ物質に，ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると，ヨードホルム CHI_3 の黄色沈殿を生じる。



上記の生成物2つは即答できるようになっておこう。
化学反応式は次のようになる。

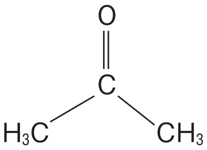
$$CH_3COR + 4NaOH + 3I_2 \longrightarrow CHI_3 + RCOONa + 3NaI + 3H_2O$$

第8講　演習問題

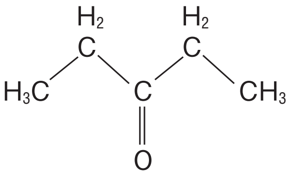
1　以下にA)．アセトアルデヒド，B)．アセトンについての文章を示す。
　それぞれどの化合物について書かれているのか答えよ。ただし，どちらの化合物にも当てはまるものもある。

a．フェーリング液を還元する。
b．ヨードホルム反応陽性を示す。
c．クメン法により，工業的に得られる。
d．銀鏡反応を示す。

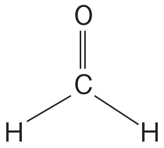
2　以下に示す化合物のうち，ヨードホルム反応陽性を示すものを全て選べ。



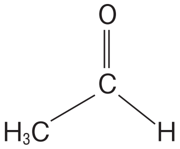
A



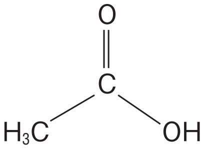
B



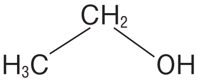
C



D



E



F

第8講　確認テスト

1　カルボニル化合物の記述として正しいものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。

①　アルデヒドは酸化されるとケトンになる。

②　アセトアルデヒドやアセトンは水酸化ナトリウム水溶液とヨウ素を加えて加熱すると黄色沈殿が生じる。

③　ケトンはアンモニア性硝酸銀水溶液を加えて加熱すると銀イオンを還元して金属銀が析出する。

④　ホルムアルデヒドにフェーリング液を加えると酸化銅(Ⅰ)の黒色沈殿が生じる。

⑤　アセトアルデヒドは酸化されるとギ酸になる。

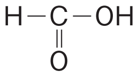
第9講　カルボン酸・エステル

4　カルボン酸・エステル

①カルボン酸（RCOOH）
（COOH：カルボキシ(ル)基）

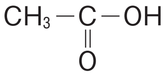
名　『〜酸』基本的に慣用名なので，出てきたものから暗記していこう。

例：



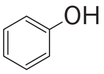
ギ酸

還元性をもつ



酢酸

反応

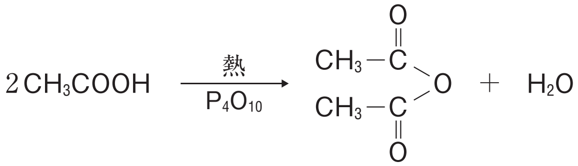
a．酸性（$-SO_3H$ > $-COOH$ > $CO_2 + H_2O$ > ）

炭酸より強い酸なので，炭酸水素ナトリウムと反応し，発泡する（弱酸遊離反応）。

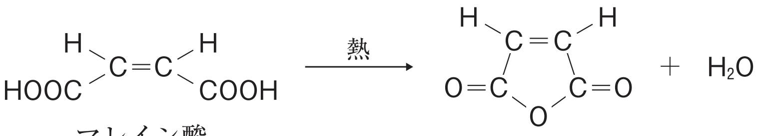
$RCOOH + NaHCO_3 \underset{\times}{\rightleftarrows} H_2O + CO_2 + RCOONa$　検　$-COOH$

b．酸無水物の生成

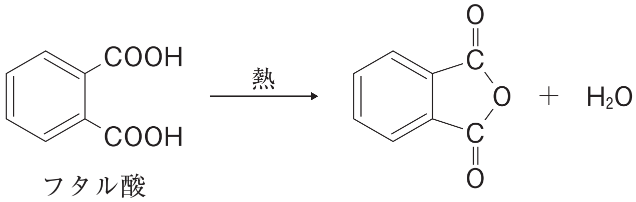
加熱すると，カルボキシ基間で脱水が起こり，酸無水物を生成する。



無水酢酸



マレイン酸　　無水マレイン酸



フタル酸　　無水フタル酸

c．エステル化

アルコールと反応し，エステルを生じる。

$$RCOOH + R'OH \rightleftarrows RCOOR' + H_2O$$

エステル化を促進させる(平衡㊨にする)ために

- 器具は徹底して乾燥させておく
- 酸無水物を使用する

※エステル化の逆反応がエステルの加水分解である。

d．脱炭酸反応

酢酸ナトリウムと水酸化ナトリウムを混合して加熱すると，炭酸ナトリウムとメタンが生成する。

$$CH_3COONa + NaOH \longrightarrow Na_2CO_3 + \underset{\text{メタン}}{CH_4}$$

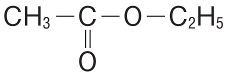
酢酸カルシウムを，空気を絶って加熱(乾留)すると炭酸カルシウムとアセトンが生成する。

$$(CH_3COO)_2Ca \longrightarrow CaCO_3 + \underset{\text{アセトン}}{CH_3COCH_3}$$

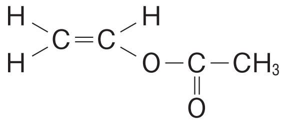
②エステル（$R\underbrace{COO}_{\text{エステル結合}}R'$）

名　『～酸R′』

例：



酢酸エチル



酢酸ビニル

反応　C＝O付加

a．加水分解

エステル化の逆反応が起こる。

$$RCOOR' + H_2O \underset{\text{エステル化}}{\overset{\text{加水分解}}{\rightleftarrows}} RCOOH + R'OH$$

加水分解を促進させる（平衡㊨にする）ために，NaOHを使用すると，

$$RCOOR' + NaOH \xrightarrow{\text{熱}} RCOONa + R'OH$$

第9講　演習問題

1　次の文章を読んで，(1)〜(2)に答えなさい。

分子式$C_4H_8O_2$で表される4種類のエステルA〜Dのうち，エステルA，Bの加水分解で得られるカルボン酸Eは還元作用があり，銀鏡反応を示した。また，カルボン酸EはエステルCの加水分解で得られるアルコールを酸化することによっても得られた。一方，エステルBの加水分解で得られるアルコールを酸化するとケトンが得られた。

(1)　エステルA〜Dの構造式を書きなさい。
(2)　カルボン酸Eの化合物の名称を書きなさい。

第9講　確認テスト

1　分子式$C_4H_8O_2$の化合物Aを加水分解すると酸性物質Bと中性物質Cが生成した。また，Cを酸化するとBとなった。化合物Aの示性式として正しいものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。

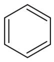
①　$CH_3CH_2COOCH_3$
②　$HCOOCH(CH_3)CH_3$
③　$HCOOCH_2CH_2CH_3$
④　$CH_3COOCH_2CH_3$
⑤　$CH_3COOCH_2CH_2CH_3$

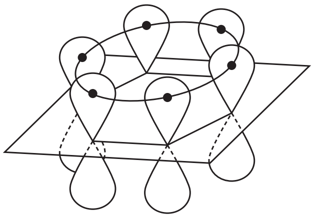
＜Note＞

第3章　芳香族化合物の性質

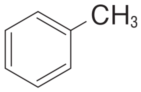
第10講　ベンゼン

1　ベンゼン・アルキルベンゼン

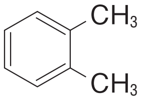
ベンゼン（C_6H_6・）



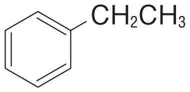
名　慣用名を暗記しよう



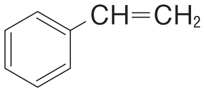
トルエン



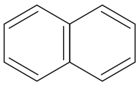
o-キシレン



エチルベンゼン



スチレン


ナフタレン

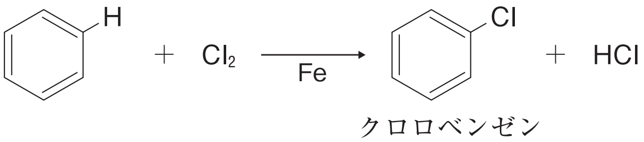
反応　X^+による置換・π結合への付加・アルキルベンゼンの酸化

a.　置換反応

非金属の陽イオン※とベンゼンのH^+が置き換わる。

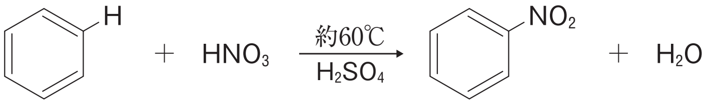
※「非金属の陽イオンはどのようにして作るのか」を知っておくと反応が理解できる。

(1)ハロゲン化



クロロベンゼン

⑵ニトロ化

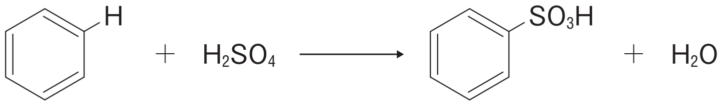


ニトロベンゼン

何故，60℃程度の低温に保つのか。

⇒爆発性のあるmージニトロベンゼンの生成を防ぐためである。

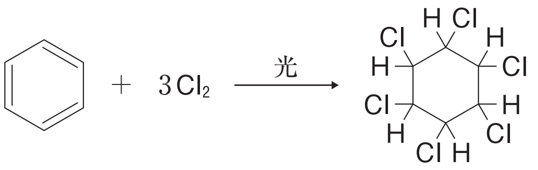
⑶スルホン化



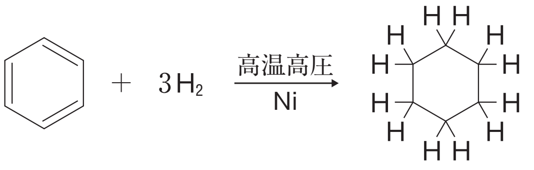
ベンゼンスルホン酸

b. 付加反応

π結合に水素や塩素が付加する。3分子同時の付加しか起こらない。



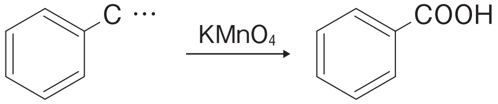
ヘキサクロロシクロヘキサン



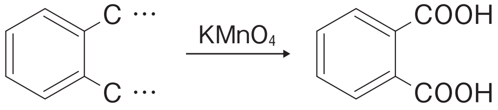
シクロヘキサン

c. アルキルベンゼンの酸化

アルキルベンゼンに$KMnO_4$を中性条件下で加えて加熱すると，アルキル基が酸化される。



安息香酸



フタル酸

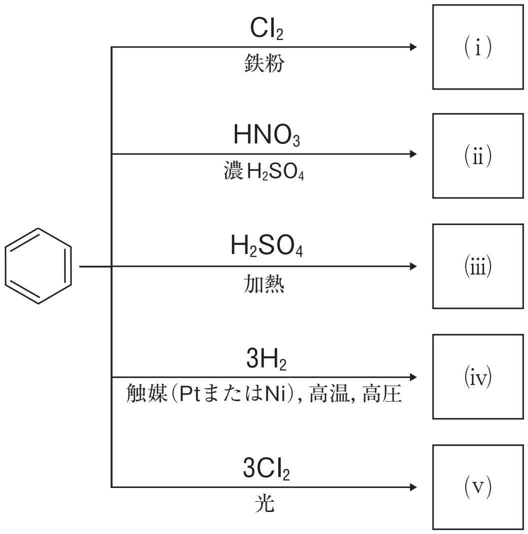
第10講　演習問題

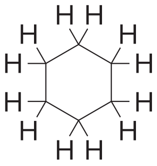
1　芳香族炭化水素に関する次の記述①～⑤のうちから正しいものを一つ選べ。

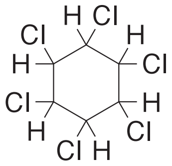
①　ベンゼンに混酸を加えて90℃程度に加熱するとニトロベンゼンが得られる。
②　ベンゼンに光を照射しながら塩素を作用させると，クロロベンゼンが得られる。
③　トルエンをニトロ化すると，爆発性のあるピクリン酸を生じる。
④　*o*-キシレンを過マンガン酸カリウムで酸化して得られる物質を加熱すると酸無水物を生じる。
⑤　*m*-キシレンを過マンガン酸カリウムで酸化すると，高分子の原料であるテレフタル酸が得られる。

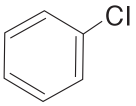
第10講　確認テスト

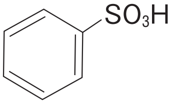
1　次の反応で生成する化合物を次の1から5より選び答えよ。

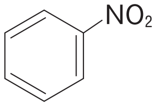


1


2


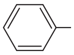
3


4


5


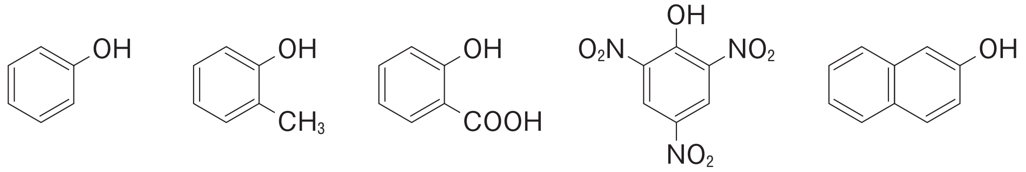
＜Note＞

第11講　フェノール

2　フェノール( OH)

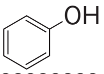
フェノール性ヒドロキシ(ル)基

名　慣用名を暗記しよう

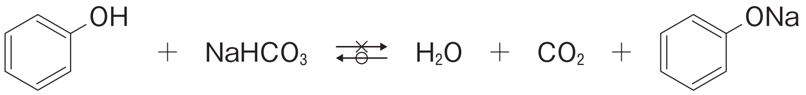


フェノール　　o-クレゾール　　サリチル酸　　ピクリン酸　　2-ナフトール
(2,4,6-トリニトロフェノール)

反応

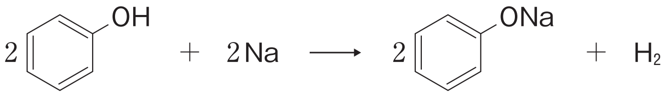
a. 酸性($-SO_3H > -COOH > CO_2 + H_2O >$ )

炭酸より弱い酸なので，炭酸水素ナトリウムとは反応しないが，その逆反応は進行する(弱酸遊離反応)。



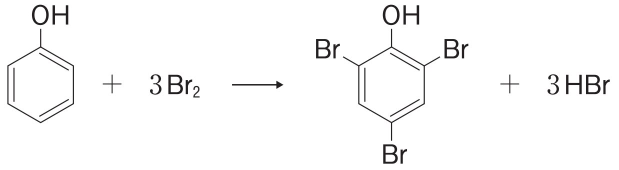
ナトリウムフェノキシド

b. Naと反応してH_2発生　(参照：アルコール)



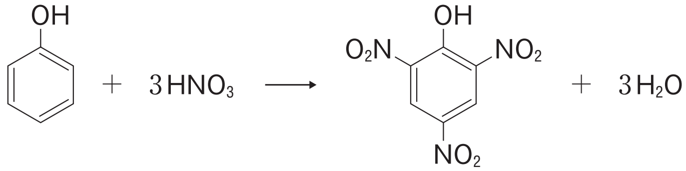
c. $FeCl_3$ aqで紫に呈色　検　フェノール性ヒドロキシ基

d. 置換反応(o，p位)



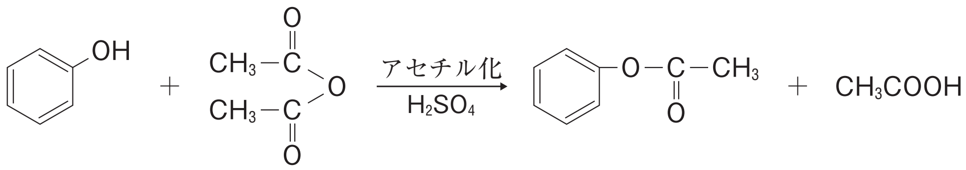
2,4,6-トリブロモフェノール

検　フェノール性ヒドロキシ基



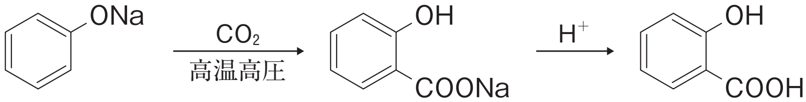
ピクリン酸(強酸)

e. エステルの生成(反応性㊦⇒酸無水物相手)



無水酢酸　酢酸フェニル

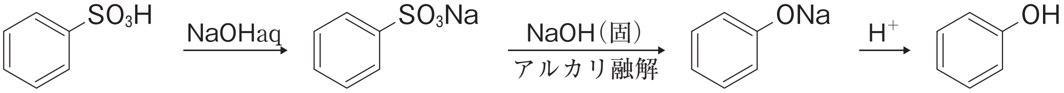
f. サリチル酸の製法(コルベシュミット反応)



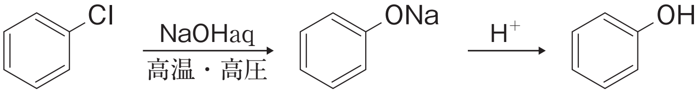
サリチル酸ナトリウム　サリチル酸

製法

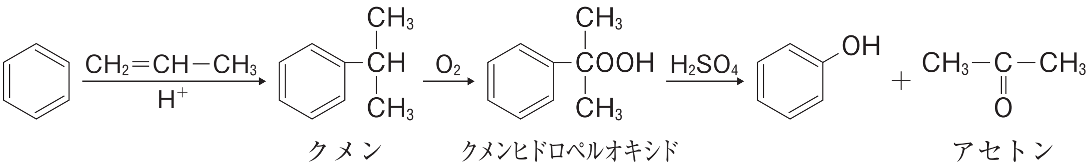
・ベンゼンスルホン酸ナトリウムのアルカリ融解



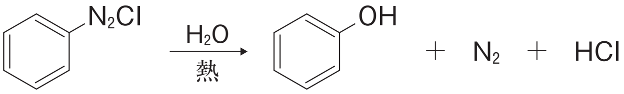
・クロロベンゼンの加水分解



・クメン法(工業的製法)



・塩化ベンゼンジアゾニウムの加水分解(実験室的製法)



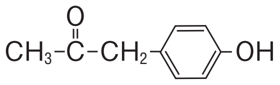
第11講　演習問題

1　次の文章を読み，(1)〜(3)に答えなさい。なお，構造式は下の記入例にならって書きなさい。

　ベンゼン環をもつ化合物は芳香族化合物とよばれ，医療，染料などのほか，樹脂の原料として用いられている化合物もある。ベンゼンを原料として，①［ア］法と呼ばれる工業的製法により合成されるフェノールは，その1つである。フェノールは，ナトリウムと反応することでナトリウムフェノキシドと［イ］を生成し，得られたナトリウムフェノキシドに高温・高圧のもとで二酸化炭素を反応させ，これに希硫酸などを加えることで，$_{\mathrm{a}}$サリチル酸が合成される。サリチル酸を［ウ］化したサリチル酸メチルやアセチル化した$_{\mathrm{b}}$アセチルサリチル酸は，医薬品として広く用いられている。フェノールは水に溶けると［エ］性を示し，［オ］水溶液を加えると紫色の呈色反応を示す。

　フェノールはベンゼンと比べて置換反応を起こしやすく，フェノールの水溶液に臭素水を加えると$_{\mathrm{c}}$白色沈殿を生じることから，フェノールの検出反応にも利用される。一方，フェノールのニトロ化において得られる，1つの水素原子をニトロ基で置換したニトロフェノールは，主に$_{\mathrm{d}}$2種類の混合物として存在する。一方の化合物を精製するためには，溶解度の違いを利用した［カ］や，溶媒に対する溶解性とシリカゲルに対する吸着力の差を利用する［キ］による分離・精製が必要となる。

記入例



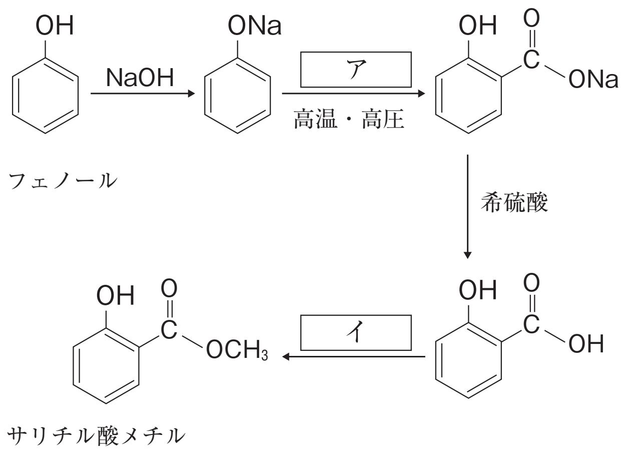
(1)　［ア］〜［キ］に適切な語句を記しなさい。

(2)　下線部a〜dの化合物を構造式で記しなさい。

(3)　下線部①で生じる，フェノールではない化合物を構造式で記しなさい。

第11講　確認テスト

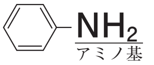
1　消炎鎮痛薬などに用いられるサリチル酸メチルは，フェノールを出発物質として次の反応経路で合成できる。反応に用いる試薬（ア，イ）として最も適当なものを，次の①～⑤のうちから一つずつ選べ。



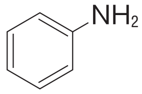
① 一酸化炭素，水
② 二酸化炭素
③ 酢酸，濃硫酸
④ メタノール，濃硫酸
⑤ メタノール，水酸化ナトリウム

＜Note＞

第12講　アニリン・芳香族の分離

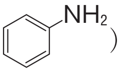
3　芳香族アミン()

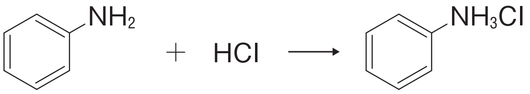
名　慣用名を暗記しよう



アニリン

反応

a. 塩基性(NH_3 > )



アニリン塩酸塩

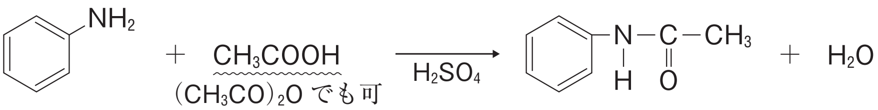
b. 酸化されやすい

・空気中 $\xrightarrow{O_2}$ 赤〜黒

・さらし粉水溶液 $\xrightarrow{ClO^-}$ 紫　検　芳香族アミン

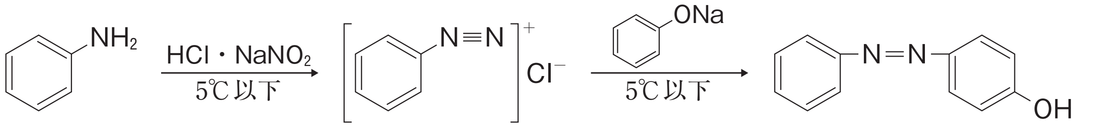
・二クロム酸カリウム水溶液 $\xrightarrow{Cr_2O_7^{2-}}$ 黒↓(アニリンブラック)　検　芳香族アミン

c. アミド化

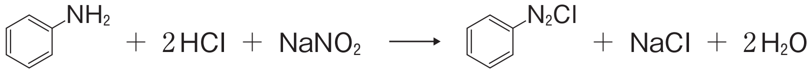


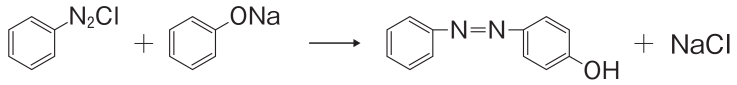
アセトアニリド

d. ジアゾ化・カップリング

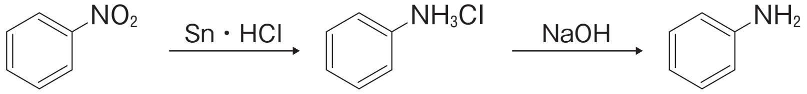


塩化ベンゼンジアゾニウム　　*p*-フェニルアゾフェノール(赤橙色)
(*p*-ヒドロキシアゾベンゼン)

ジアゾ化 

カップリング 

製法　ニトロベンゼンの還元



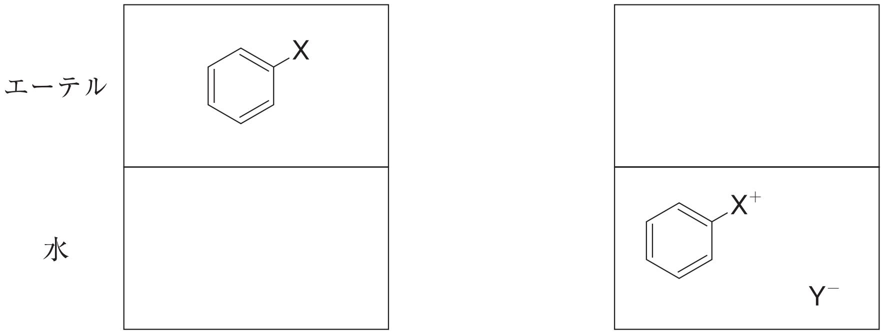
4　芳香族化合物の分離

芳香族化合物は極性が小さい。そのため，ほとんどの化合物は水に溶解しないが有機溶媒には溶解する。

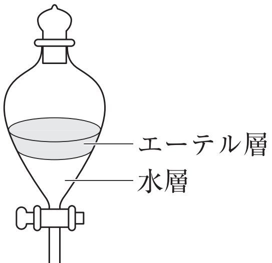
しかし，反応して塩に変化すると，水に溶解し，有機溶媒には溶解しない。

よって，溶解性の違いに注目して分離する「抽出」が利用される。

	芳香族化合物	⇄（→ 中和反応など，← 弱酸遊離反応など）	芳香族化合物の塩
水	不溶		可溶
有機溶媒	可溶		不溶



※分液ろうとの使い方を確認しておこう。



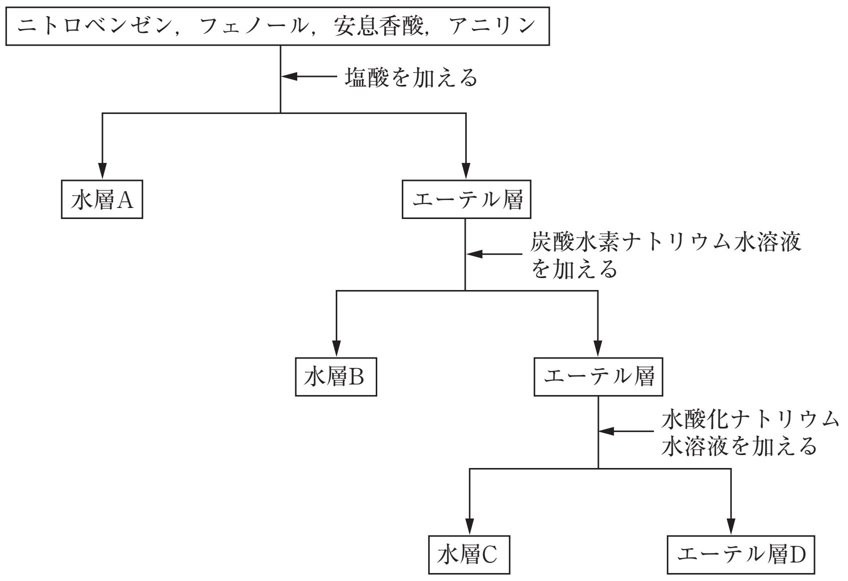
分液ろうと

第12講　演習問題

1　アニリンに関する記述として正しいものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。

①　スズと塩酸を用いて，ニトロベンゼンを酸化すると得られる。
②　さらし粉水溶液を加えると黒色に変化する。これをアニリンブラックという。
③　酢酸や無水酢酸とエステル化を起こす。この時，アセトアニリドが生成する。
④　塩酸中で低温に保ったまま硫酸ナトリウムを反応させると，ジアゾ化が起こる。
⑤　塩化ベンゼンジアゾニウムを加熱すると窒素を発生し，フェノールが生成する。

2 ニトロベンゼン，フェノール，安息香酸，アニリンを含むエーテル溶液がある。これらの芳香族化合物を分離するために，図のような操作を行い，水層A～Cと，エーテル層Dを得た。A～Dに含まれる芳香族化合物をニトロベンゼン，フェノール，安息香酸，アニリンの中からそれぞれ選べ。ただし，層に含まれる芳香族化合物は，塩として存在することもある。



第12講　確認テスト

1 アニリンについての文章を以下に示す。(　A　)～(　F　)にあてはまる語句を，下の語群から選べ。

アニリンは，(　A　)性の無色の油状液体であり，スズと塩酸を加えて(　B　)を還元することにより得られる。また，そのとき生じたアニリンはすぐに塩酸と(　C　)してアニリン塩酸塩になるため，(　D　)でアニリンを遊離させる必要がある。アニリンは(　E　)水溶液で酸化すると赤紫色に呈色するため，この反応はアニリンの検出反応として用いられる。また，(　F　)水溶液で酸化すると，黒色沈殿が生じる。

語群：a．弱酸　b．弱塩基　c．強酸　d．強塩基　e．トルエン
f．ニトロベンゼン　g．中和　h．酸化　i．還元
j．二クロム酸カリウム　k．さらし粉

第4章　天然有機(高分子)化合物

第13講　糖類(単糖・二糖)

1　糖類($C_nH_{2m}O_m$)

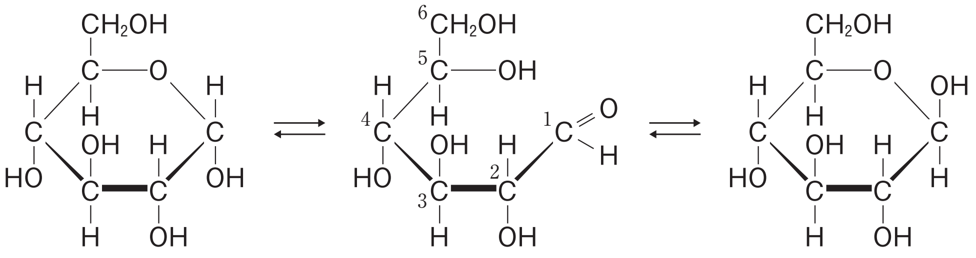
高分子化合物とは，分子量が約10000を超えるものであるため，糖類の中では，多糖類のみがそれに相当する。

しかし，大きなかたまりを知りたいなら，まずはそれを構成している小さいかたまりを理解しなくてはならない。

単糖類からしっかり確認しよう。

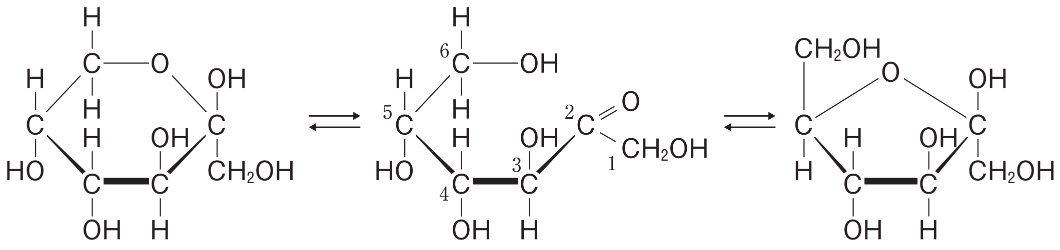
①**単糖類**($C_6H_{12}O_6$：分子量180)

(1)グルコース(ブドウ糖)



α型　　　鎖状　　　β型

(2)フルクトース(果糖)



β-フルクトピラノース　　　鎖状　　　β-フルクトフラノース

※共に水中で開環し，還元性を示す官能基を生じるため，還元性をもつ。

　フェーリング反応において，単糖1molから酸化銅(Ⅰ)が1mol生じることから，定量法に利用されている。

※単糖は酵素を加えるとエタノールと二酸化炭素になる。この反応を**アルコール発酵**という。

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

②二糖類（$C_{12}H_{22}O_{11}$：分子量342）

名　称	構　成　単　糖	分解酵素	還元性
マルトース （麦芽糖）	α-グルコース＋α-グルコース 1,4結合	マルターゼ	有
スクロース※ （ショ糖）	α-グルコース＋β-フルクトフラノース 1,2結合	インベルターゼ （スクラーゼ）	無
セロビオース	β-グルコース＋β-グルコース 1,4結合	セロビアーゼ	有
ラクトース （乳糖）	β-ガラクトース＋β-グルコース 1,4結合	ラクターゼ	有

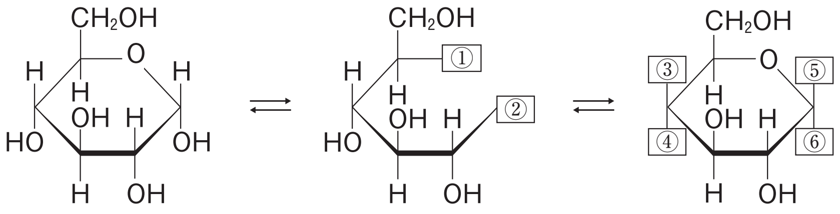
※スクロースを加水分解してできるグルコースとフルクトースの等量混合物を**転化糖**という。

第13講　演習問題

1　グルコースは結晶の状態で炭素原子5個と酸素原子1個が環状につながった六員環構造をとる。結晶の中でグルコースは通常α型であるが，1)水溶液中で3種類の異性体が平衡状態で存在している。

2分子のα-グルコースが，1位と4位のヒドロキシ基で脱水縮合してグリコシド結合を形成することで，二糖類であるマルトースが得られる。マルトースが還元性を示すのに対して，2)同様に2分子のα-グルコースが1位と1位のヒドロキシ基で脱水縮合して得られるトレハロースは，還元性を示さない。

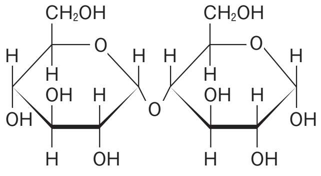
(1)　文中の下線部1)について，次の構造式中の空所①～⑥それぞれにあてはまるもっとも適当な原子，または官能基を記せ。



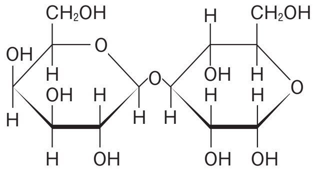
α-グルコース　　　　　　　　　　β-グルコース

(2)　文中の下線部2)について，トレハロースの構造式を，次のa～eから1つ選べ。

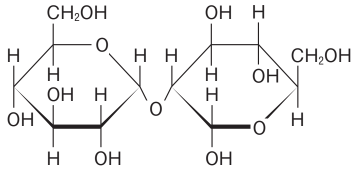
a



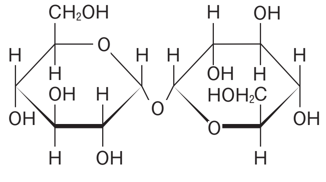
b



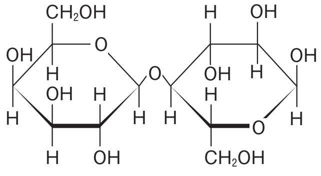
c



d



e



第13講　確認テスト

1　ブドウ糖(グルコース)に関する記述について，誤りを含むものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。

① セルロースにうすい酸を加え，長時間加熱すると生成する。
② 酵素の作用により，エタノールと二酸化炭素に分解する。
③ 硝酸銀水溶液とアンモニア水の混合物を加えて加熱すると，銀が生じる。
④ フェーリング液を加えて加熱すると，赤色沈殿が生じる。
⑤ ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を加えると，青紫色になる。

〈1999年　追試験〉

第14講　糖類（多糖）

1　糖類（$C_nH_{2m}O_m$）

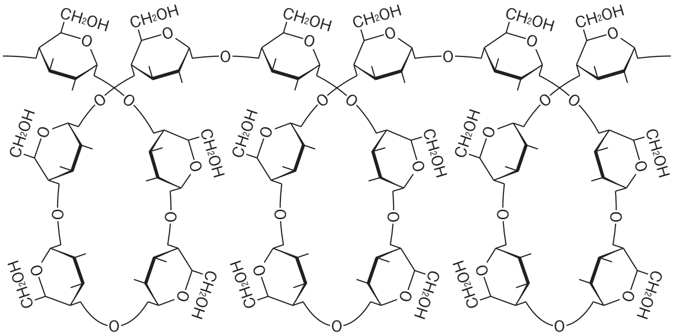
③多糖類（$(C_6H_{10}O_5)_n$：分子量$162n$）

(1)デンプン：α−グルコース×n

a．アミロース：α−グルコース（1,4結合）

・熱水に可溶

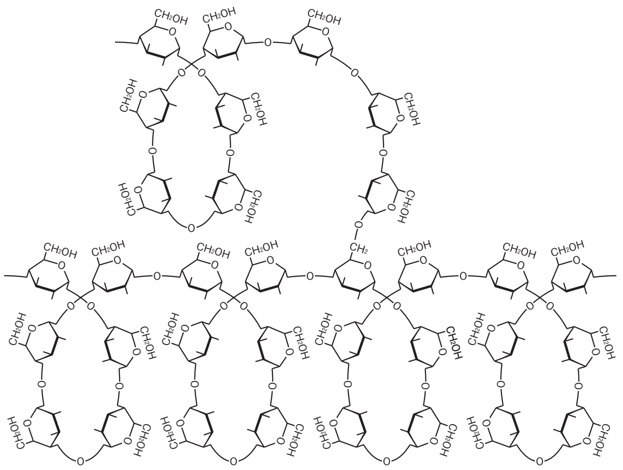
・ヨウ素デンプン反応：青（らせんが長い）



b．アミロペクチン：α−グルコース（1,4結合＋1,6結合）

・熱水に不溶

・ヨウ素デンプン反応：赤紫（らせんが短い）



・デンプン $\xrightarrow{\text{アミラーゼ}}$ デキストリン $\xrightarrow{\text{アミラーゼ}}$ マルトース $\xrightarrow{\text{マルターゼ}}$ グルコース

(2)グリコーゲン：α-グルコース×n(1,4結合＋1,6結合)

・筋肉や肝臓に貯蔵される糖

・ヨウ素デンプン反応：赤褐色(アミロペクチンよりらせんが短い)

(3)セルロース：β-グルコース×n(1,4結合)

・熱水に不溶

・ヨウ素デンプン反応陰性(直線状構造)

・セルロース $\xrightarrow{\text{セルラーゼ}}$ セロビオース $\xrightarrow{\text{セロビアーゼ}}$ グルコース

※セルロースの利用

a．再生繊維(レーヨン)

セルロース $\xrightarrow{\text{SB}}$ 溶液 $\xrightarrow{\text{SA}}$ 再生繊維(レーヨン)

(i)ビスコースレーヨン

セルロース $\xrightarrow{\text{濃}NaOHaq}$ アルカリセルロース $\xrightarrow{CS_2}$

$\longrightarrow$ セルロースキサントゲン酸ナトリウム $\xrightarrow{\text{希}NaOHaq}$ ビスコース

$\xrightarrow{\text{希}H_2SO_4aq}$ ビスコースレーヨン

(ii)銅アンモニアレーヨン(キュプラ)

セルロース $\xrightarrow{\text{シュバイツァー試薬※}}$ 溶液 $\xrightarrow{\text{濃}H_2SO_4aq}$ 銅アンモニアレーヨン

※水酸化銅(Ⅱ)を濃アンモニア水に溶かした溶液

$$Cu(OH)_2 + 4NH_3 \longrightarrow [Cu(NH_3)_4](OH)_2$$

b．半合成繊維

(i)ニトロセルロース

セルロース $\xrightarrow[\text{濃}H_2SO_4]{\text{濃}HNO_3}$ ニトロセルロース

・トリニトロセルロース⇒火薬

・ジニトロセルロース⇒コロジオン

(ii)アセチルセルロース

セルロース $\xrightarrow{(CH_3CO)_2O}$ アセチルセルロース

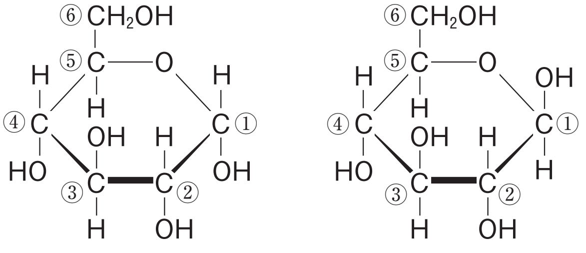
第14講　演習問題

1　次の文を読み，以下の(1)～(6)に答えよ。

デンプンとセルロースは，どちらも(a)多数のグルコース(α-グルコースまたはβ-グルコース)が繰り返し縮合した構造をもつ。α-グルコースとβ-グルコースの分子構造と炭素原子の番号①～⑥を図に示した。デンプンは，アミロースとアミロペクチンから構成される。アミロースは，α-グルコースどうしが炭素①と炭素④の位置のヒドロキシ基の間で縮合(α-1,4-グリコシド結合)した構造をしており，アミロペクチンは，アミロースの構造に加えてα-グルコースの炭素①と炭素［ア］の位置のヒドロキシ基の間でも縮合した枝分かれ構造を有する。一方，セルロースも多数のグルコースが繰り返し縮合した構造をもつが，こちらはβ-グルコースどうしが炭素①と炭素④の位置のヒドロキシ基の間で縮合している(β-1,4-グリコシド結合)。

このように分子構造が異なることから，デンプンとセルロースの性質には大きな違いがみられる。例えば，デンプンは(b)ヒトがもつアミラーゼなどの消化酵素のはたらきによって，最終的にグルコースまで加水分解される。これに対し，セルロースのβ-1,4-グリコシド結合はこれらの消化酵素では加水分解されない。また，(c)デンプンはヨウ素と反応して青～青紫色に呈色する(ヨウ素デンプン反応)が，セルロースは反応しない。このヨウ素に対する反応性の差は，デンプンのアミロースやアミロペクチンのグルコース鎖が［イ］構造を形成する一方，セルロースは直線に近い構造をとるためと考えられる。

セルロースには様々な利用法がある。セルロースに［ウ］と［エ］の混合物を反応させると，ヒドロキシ基の一部または全部が硝酸エステル化されたニトロセルロースが得られる。得られた化合物は窒素含有量によって分類され，それぞれ異なる目的に利用される。すべてのヒドロキシ基が硝酸エステル化されたトリニトロセルロースを主成分とするものは強綿薬などと呼ばれ，無煙火薬の原料として用いられるが，窒素含有量が低いものはセルロイドの原料などとして利用される。



α-グルコース　　β-グルコース

(1)　下線部(a)について，分子量160万のセルロース分子は，何個のグルコース単位からできているか答えよ。

(2)　[ア]にあてはまる適切な番号を①～⑥から選び，答えよ。

(3)　[イ]～[エ]にあてはまる適切な語句を答えよ。

(4)　下線部(b)について，以下の式中の[オ]，[カ]にあてはまる適切な語句を答えよ。

デンプン $\xrightarrow[\text{加水分解}]{\text{アミラーゼ}}$ [オ] $\xrightarrow[\text{加水分解}]{\text{[カ]}}$ グルコース

(5)　下線部(c)について，以下のＡ～Ｃからヨウ素デンプン反応の呈色が見られるものをすべて選び，記号で答えよ。該当するものがない場合は，「なし」と記せ。

Ａ：デンプン水溶液を穏やかに加熱しながら，ヨウ素ヨウ化カリウム溶液を加えた。

Ｂ：デンプン水溶液を穏やかに加熱したのち，室温まで放冷し，ヨウ素ヨウ化カリウム溶液を加えた。

Ｃ：デンプン水溶液に希硫酸を加えて煮沸後，室温まで放冷し，炭酸ナトリウムを加えて中和したのち，ヨウ素ヨウ化カリウム溶液を加えた。

(6)　デンプンに対し，以下の操作Ｄ～Ｆを行った。この中から赤色沈殿の生成が見られるものをすべて選び，記号で答えよ。該当するものがない場合は，「なし」と記せ。

Ｄ：デンプン水溶液を穏やかに加熱しながら，フェーリング液を加えた。

Ｅ：デンプン水溶液を穏やかに加熱したのち，室温まで放冷し，フェーリング液を加え，再度加熱した。

Ｆ：デンプン水溶液に希硫酸を加えて煮沸後，室温まで放冷し，炭酸ナトリウムを加えて中和したのち，フェーリング液を加え，再度加熱した。

第14講　確認テスト

1 次の記述中の□にあてはまる数を，以下の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし，高分子化合物の両端の構造は考えないものとする。

セルロースを無水酢酸によって完全にエステル化するとき，増加する炭素の数はグルコース単位($C_6H_{10}O_5$) 1個当たり□である。

① 2　② 3　③ 4　④ 6　⑤ 8　⑥ 10

〈1995年　本試験〉

＜Note＞

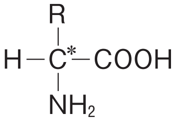
第15講　アミノ酸

2　アミノ酸とタンパク質

糖類と同じで，高分子化合物に相当するのはタンパク質である。タンパク質は動物体の主要成分であるため，もちろん重要であるが，その性質を知るには，まず，構成しているアミノ酸を理解しなくてはならない。アミノ酸から，しっかり確認していこう。

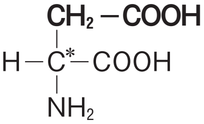
①α-アミノ酸

・天然には約20種
・グリシン(Gly)以外は不斉炭素原子が存在
・ニンヒドリン反応で検出

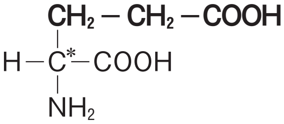


a．代表的なα-アミノ酸

・酸性アミノ酸：側鎖(R)にカルボキシ基をもつ，等電点のpHが酸性域

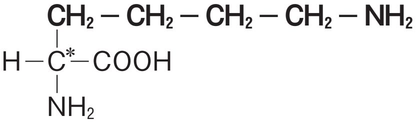


アスパラギン酸(Asp)



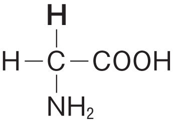
グルタミン酸(Glu)

・塩基性アミノ酸：側鎖(R)にアミノ基をもつ，等電点のpHが塩基性域

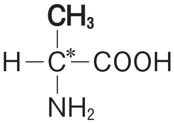


リシン(Lys)

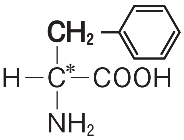
・中性アミノ酸：上記以外，等電点のpHが中性域



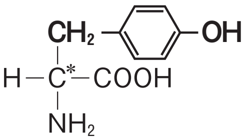
グリシン(Gly)



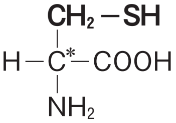
アラニン(Ala)



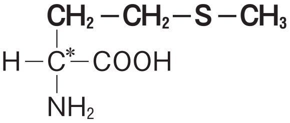
フェニルアラニン(Phe)



チロシン(Tyr)



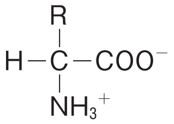
システイン(Cys)



メチオニン(Met)

b．結晶

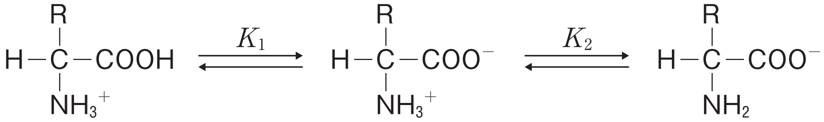
双性イオンで存在するイオン結晶である。



双性イオン

c．水中での平衡

アミノ酸は弱酸性のカルボキシ基と弱塩基性のアミノ基をもつため，水中で，電離平衡となる。



d．等電点

アミノ酸の電荷の総和が0になるpH

・酸性アミノ酸　⇒　酸性域

・塩基性アミノ酸　⇒　塩基性域

・中性アミノ酸　⇒　中性域

等電点において $[H^+]=\sqrt{K_1 \cdot K_2}$　が成立

②ペプチド

α-アミノ酸が縮合したもの。このときに生成するアミド結合を**ペプチド結合**とよぶ。

注：ペプチドの前に付く数詞はペプチド結合の数ではなく，α-アミノ酸の数である。

第15講　演習問題

1　次の文章を読み，(1)，(2)に答えよ。

タンパク質の構成単位であるアミノ酸は，1分子内に塩基性基である［ア］と酸性基である［イ］の両方をもち，酸と塩基の両方の性質を示す。そのため，結晶中や水溶液中では，分子内に正・負の両電荷をもつ双性イオン（両性イオン）となる。

水溶液中のアミノ酸は，水溶液を酸性にすると双性イオン中の［ウ］が水素イオンを受け取ることで電荷を失うため［エ］となり，塩基性にすると双性イオン中の［オ］が水素イオンを放出することで電荷を失うため［カ］となる。このように，これらイオンの組成は，pHの変化によって変わり，この平衡混合物の電荷が全体として0になるときのpHを等電点という。等電点はアミノ酸の種類によって異なる。等電点よりもpHが低い場合にはアミノ酸は［キ］となって陰極側に，pHが高い場合にはアミノ酸は［ク］となって陽極側に移動する。等電点のpHの緩衝液中で電圧をかけてもアミノ酸分子は移動しない。この性質の違いを利用する電気泳動法では，アミノ酸の性質や官能基の種類を調べることが可能である。

(1)　［ア］から［ク］に適当な語を答えよ。同じ語を繰り返し使ってもよい。

(2)　アラニンの等電点は6.0である。pH10.0に調整したアラニン水溶液をろ液にしみこませて電圧をかけるとアラニンは陽極側，陰極側のどちらに移動するか記せ。

第15講　確認テスト

1　次の文章の中から誤っているものを一つ選びなさい。

① α-アミノ酸はタンパク質の構成成分である。
② グリシンは不斉炭素原子をもたない。
③ アミノ酸の電荷の総和が0になるpHを終点とよぶ。
④ 酸性アミノ酸とは，側鎖にカルボキシ基をもつアミノ酸のことである。
⑤ アミノ酸の結晶はイオン結晶である。

第16講　タンパク質

2　アミノ酸とタンパク質

③タンパク質

たくさんのα-アミノ酸が縮合してできたポリペプチド。

a．構造

(i)一次構造：α-アミノ酸の配列順序

(ii)二次構造：規則的な立体構造
- α-ヘリックス構造
- β-シート構造

(iii)三次構造：不規則な立体構造

(iv)四次構造：三次構造の集まり

b．検出反応

・ニンヒドリン反応
ニンヒドリン水溶液を加えると赤紫～青紫に呈色する。
N末端が原因のため，アミノ酸の検出にも利用する。

・ビウレット反応
水酸化ナトリウム水溶液と硫酸銅(Ⅱ)水溶液を加えると赤紫に呈色する。
原因はペプチド結合であるが，2つ以上のとき，すなわちトリペプチド以上を検出できる。

・キサントプロテイン反応
濃硝酸を加えて加熱すると黄色，その後アルカリ性にすると橙黄色に変化する。
ベンゼン環のニトロ化が原因。フェニルアラニンのようなベンゼン環をもつアミノ酸からなるタンパク質を検出できる。

・硫黄原子を検出する反応
水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱した後，酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えると硫化鉛(Ⅱ)の黒色沈殿が生成する。
システインのような硫黄原子を含むアミノ酸からなるタンパク質を検出できる。

c．定量法(ケルダール法)

タンパク質に含まれている窒素原子をアンモニアに変化させて取り出し，そのアンモニアを逆滴定で定量する。

d．分類・性質

形状による分類

・球状タンパク質

水に可溶。生命活動の維持を担うものが多い。

・繊維状タンパク質

水に不溶。構造の維持を担うものが多い。

成分による分類

・単純タンパク質

アミノ酸のみから構成されるタンパク質

・複合タンパク質

アミノ酸とそれ以外のものからなるタンパク質

色素	⇒	色素タンパク質	(例)ヘモグロビン
糖	⇒	糖タンパク質	(例)ムチン
リン酸	⇒	リンタンパク質	(例)カゼイン
核酸	⇒	核タンパク質	(例)ヌクレイン

生体内で特殊な機能をつかさどっているものが多い。

性質

・タンパク質の変性

熱，酸・塩基，重金属イオン，アルコールなどにより立体構造が変化し，凝固する。

・親水コロイド

塩析や電気泳動など，コロイドの性質を示す。

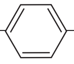
第16講　演習問題

1　9個のα-アミノ酸からなるペプチドXの一次構造を決定する実験を行ったところ，次の1)～6)に示す結果を得た。(1)，(2)の答えを記せ。なお，n個のα-アミノ酸からなるポリペプチドの一般式を下図で表す時，末端にアミノ基がある方をN末端と呼び，カルボキシ基がある方をC末端と呼ぶ(R^1～R^nは各アミノ酸固有の置換基)。

（N末端）　$H_2N-CH(R^1)-\cdots-CH(R^n)-COOH$　（C末端）

1)　ペプチドXを加水分解すると表1に示す7種類のα-アミノ酸が得られた。なお，表中のRはアミノ酸の一般式を$R-CH(NH_2)-COOH$としたときの各アミノ酸固有の置換基である。
2)　ペプチドXのN末端アミノ酸はアラニンであり，N末端側から2番目とC末端側から2番目のアミノ酸はシステインであった。
3)　ペプチドXを，塩基性アミノ酸のカルボキシ基側のペプチド結合を選択的に加水分解する酵素と反応させたところ，3種類のペプチドA(分子量320)，ペプチドB(分子量495)およびペプチドC(分子量208)が得られた。
4)　ペプチドA～Cに水酸化ナトリウム水溶液と硫酸銅(Ⅱ)を加えたところ，ペプチドAおよびペプチドBは赤紫色を示したが，ペプチドCは示さなかった。
5)　ペプチドA～Cを水酸化ナトリウム水溶液中で加熱し，中和した後，酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えると，ペプチドAおよびペプチドCだけが沈殿を生じた。
6)　ペプチドA～Cに濃硝酸を加えて加熱後，塩基性にすると，ペプチドBだけが橙黄色になった。

表1　ペプチドXに含まれるα-アミノ酸の名称，略号，分子量および置換基R－の構造式

名称	略号	分子量	置換基R－
グリシン	Gly	75	H－
アラニン	Ala	89	CH_3-
チロシン	Tyr	181	HO－－CH_2-
セリン	Ser	105	$HO-CH_2-$
リシン	Lys	146	$H_2N-(CH_2)_4-$
グルタミン酸	Glu	147	$HOOC-(CH_2)_2-$
システイン	Cys	121	$HS-CH_2-$

⑴　次の文章①〜④の中で正しいものを1つ選び，その番号を記せ。

①　ペプチドAおよびペプチドBは，いずれも芳香族アミノ酸を含んでいる。

②　ペプチドCは，芳香族アミノ酸を含んでいる。

③　ペプチドBは，アミノ酸3分子以上で構成されるペプチドである。

④　ペプチドCは，アミノ酸3分子以上で構成されるペプチドである。

⑵　ペプチドAおよびペプチドCの一次構造を推定し，例にならって記せ。

例：（N末端）　Gly－Ser－Glu－Ala－Cys　（C末端）

第16講　確認テスト

1　タンパク質に関する記述として誤りを含むものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。

①　ポリペプチド鎖がつくるらせん構造（*α*-ヘリックス構造）では，$>C=O\cdots H-N<$ の水素結合が形成されている。

②　ポリペプチド鎖にある二つのシステインは，ジスルフィド結合（S－S結合）をつくることができる。

③　加水分解したとき，アミノ酸のほかに糖類やリン酸などの物質も同時に得られるタンパク質を，複合タンパク質という。

④　繊維状タンパク質では，複数のポリペプチドの鎖が束（束状）になっている。

⑤　一般に，加熱によって変性したタンパク質は，冷却すると元の構造に戻る。

〈2018年　本試験〉

＜Note＞

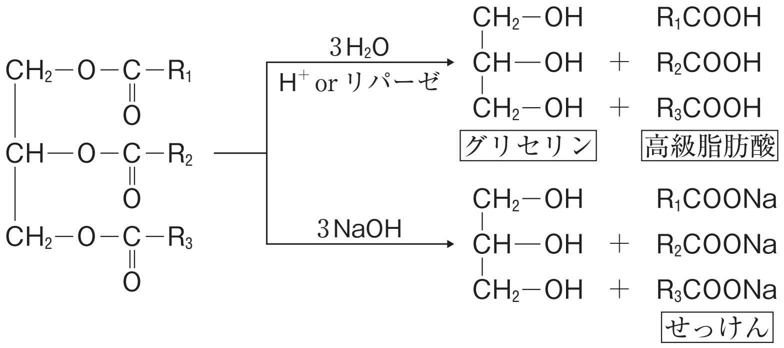
第17講　油脂とせっけん

3　油脂

油脂の計算は，何も知らずに向き合うと，少し面倒で時間がかかる。よって，知っておくべきことをきちんと頭に入れて，向き合う必要がある。まずは油脂の構造を確認し，問題を解くために必要な知識を確認しよう。

①油脂

グリセリンと高級脂肪酸のエステル。おもに三価(トリグリセリド)。



注：$R_1 \neq R_3$のときに不斉炭素原子をもつ。

②高級脂肪酸

自然界に存在する脂肪酸のほとんどが，炭素数は偶数で，とくに炭素数16と18のものが多い。

代表的な高級脂肪酸

炭素数	名称	C＝C数	示性式
16	パルミチン酸	0	$C_{15}H_{31}COOH$
18	ステアリン酸	0	$C_{17}H_{35}COOH$
	オレイン酸	1	$C_{17}H_{33}COOH$
	リノール酸	2	$C_{17}H_{31}COOH$
	リノレン酸	3	$C_{17}H_{29}COOH$

ステアリン酸：分子量284

ステアリン酸のみからなる油脂：分子量890

③計算

⑴けん化

油脂は3価のエステルなので，けん化するために必要な水酸化ナトリウムNaOHや水酸化カリウムKOHの物質量は油脂の物質量の3倍である。

油脂：NaOH＝1：3
（KOH）

※油脂1gをけん化するために必要なKOHのミリグラム数を**けん化価**という。

⑵付加

不飽和脂肪酸からなる油脂は，炭素間二重結合C＝Cをもつ。このC＝Cの数だけ，水素H_2やヨウ素I_2が付加することになる。

油脂1分子に存在するC＝Cがx個であるとき，

油脂：H_2＝1：x
（I_2）

※油脂100gに付加するI_2のグラム数を**ヨウ素価**という。

④分類・性質

脂　肪：常温で固体の油脂。動物性。構成脂肪酸はおもに飽和脂肪酸。

脂肪油：常温で液体の油脂。植物性。構成脂肪酸はおもに不飽和脂肪酸。

液体の油脂にH_2を付加させて固体にしたものを**硬化油**という。

また，C＝Cを多く含む油脂は空気中で固化しやすく**乾性油**とよばれる。

その逆を**不乾性油**という。

⑤せっけん

油脂をけん化して得られる，高級脂肪酸のナトリウム塩(RCOONa)や高級脂肪酸のカリウム塩(RCOOK)。

疎水基と親水基の両方をもちあわせており，水の表面張力を小さくする(界面活性剤)。水中で**ミセル**を形成する。また，油を入れると油を取り囲んで，水中に分散させる。

これを**乳化作用**という。

※せっけんの欠点

(1)水に溶けて弱塩基性

⇒動物性繊維(絹・羊毛)に使用できない。

(2)硬水中で不溶性の塩をつくる

⇒硬水や海水では洗浄力が低下する。

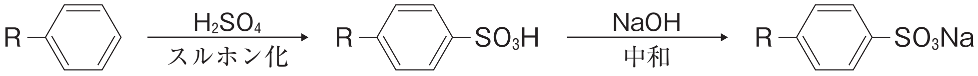
⑥合成洗剤(中性洗剤)

強酸と強塩基の塩で中性であるため，せっけんの欠点をすべてクリアしている。

(1)高級アルコール系

$$\mathrm{R-OH}\ \xrightarrow[\text{エステル化}]{\mathrm{H_2SO_4}}\ \mathrm{R-O-SO_3H}\ \xrightarrow[\text{中和}]{\mathrm{NaOH}}\ \mathrm{R-O-SO_3Na}$$

(2)アルキルベンゼンスルホン酸系(ABS系)



第17講　演習問題

1　ある油脂1gをけん化するために，水酸化カリウム(式量56)が192.6mg必要であった。また，この油脂100gに対してヨウ素(分子量254)を付加させたところ，262.1gが反応した。

(1)　この油脂の分子量はいくらか。

(2)　この油脂1分子中に含まれる炭素間二重結合の数はいくらか。

2　セッケンに関する次の記述を読んで，問いに答えよ。

油脂に水酸化ナトリウムを加えて加熱すると，高級脂肪酸のナトリウム塩(セッケン)と1,2,3-プロパントリオール(グリセリン)が生じる。

セッケンの水溶液は弱塩基性を示すが，これはセッケンが(ア)酸と(イ)塩基からなる塩で，この塩が(ウ)されるからである。セッケンは，疎水基と親水基をあわせもつ。このため，一定濃度以上のセッケン水中において，セッケンは(エ)基を内側に向けて球状に集合する。これを，(オ)という。油脂は水に溶けにくいが，セッケン水に油脂を加えると，油脂がセッケンの(オ)に包まれ，細かい粒子となって水中へ分散する。セッケンのこの作用を，(カ)作用という。

Ca^{2+}やMg^{2+}などを多く含む水の中では，これらのイオンが，セッケンの(キ)と置き換わった不溶性の脂肪酸塩をつくるため，セッケンは使用できなくなる。

長い炭化水素基をもつアルキル硫酸ナトリウムやアルキルベンゼンスルホン酸ナトリウムは，セッケンと似た作用があり，合成洗剤とよばれる。これらの合成洗剤は，いずれも(ク)酸と(ケ)塩基からなる塩なので，(ウ)は受けず，その水溶液は(コ)性を示す。これらはCa^{2+}やMg^{2+}などを多く含む水の中でも沈殿をつくらないので，洗剤として使用できる。

問　(ア)～(コ)の中に最も適切な語句を入れよ。

第17講　確認テスト

1　次の文章の中から誤っているものを一つ選びなさい。

① 油脂をけん化するとせっけんが得られる。
② 油脂1molをけん化するために必要な水酸化ナトリウムは2molである。
③ 液体の油脂に水素を付加させて固体に変えたものを硬化油という。
④ せっけんは水に溶けて塩基性である。
⑤ 合成洗剤は水に溶けて中性である。

＜Note＞

第5章　合成高分子化合物

第18講　合成高分子（付加重合系・ビニロン）

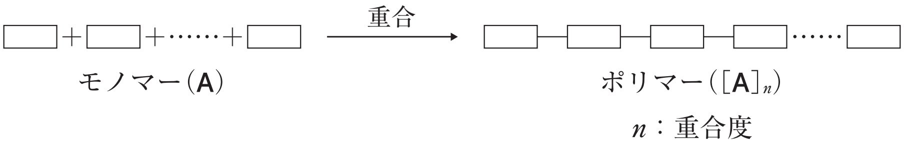
1　高分子化合物

高分子化合物の中で人工的につくられるものが，合成高分子化合物である。

どのような単量体（モノマー）からどのような重合体（ポリマー）がつくられるのか，どのような方法で合成するのか，知っておくべきことは，きちんと頭にいれておこう。

①高分子化合物とは

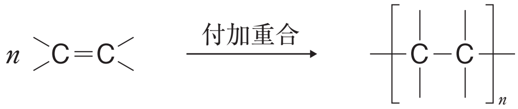
単量体（モノマー）が重合して高分子の重合体（ポリマー）となる。このとき，重合した単量体の数が重合度である。



②重合形式

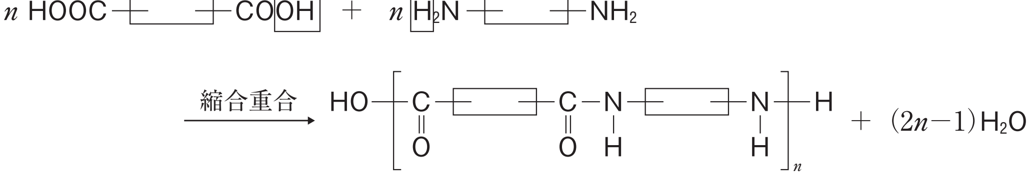
⑴付加重合

単量体が炭素間二重結合等をもつ場合，付加を繰り返して重合していく。これを付加重合という。



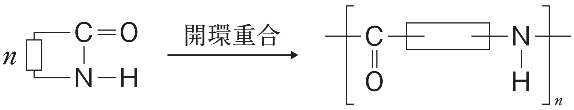
⑵縮合重合（縮重合）

水などの小さい分子が外れ，縮合しながら重合していく。これを縮合重合（縮重合）という。ポリマーがエステル結合やアミド結合をもつ場合が代表的である。



(3)開環重合

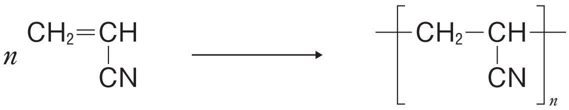
単量体が環状構造のとき，開環しながら重合していく。これを開環重合という。



③付加重合による合成繊維

(1)アクリル系繊維

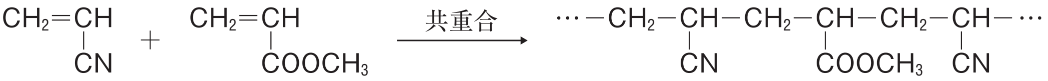
アクリロニトリルを付加重合して得られる合成繊維を**アクリル繊維**という。肌触りが羊毛に似て，衣料や毛布などに利用されている。



アクリロニトリル

また，アクリロニトリルに酢酸ビニルやアクリル酸メチルを混ぜて付加重合させ，得られる繊維を**アクリル系繊維**という。

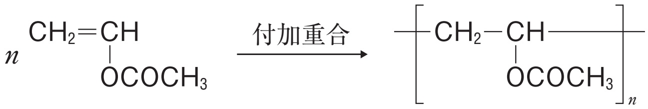
このように２種類以上の単量体を重合させることを**共重合**という。



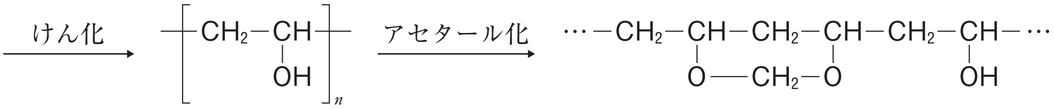
アクリル酸メチル

(2)ビニロン

日本で開発された木綿に似た繊維である。吸湿性に優れ，強度もあるため，ロープや作業着などに利用されている。



酢酸ビニル



ポリビニルアルコール（PVA）　　ビニロン

第18講　演習問題

1　次の文章を読み，以下の問いに答えよ。

必要があれば，次の原子量を用いよ。H＝1.00，C＝12.0

容器の材料として用いられるプラスチックは，たとえばポリエチレン，ポリプロピレン，ポリスチレンがあり，用途に応じてさまざまなものが使い分けられる。これらのプラスチックはそれぞれ，エチレン，プロピレン，スチレンを原料として，［ア］重合により合成される。さらに，ポリエチレンには製法の違いにより高密度ポリエチレン，低密度ポリエチレンがあり，ポリ容器として用いられるのは主に，結晶部分が［イ］，半透明で硬い［ウ］ポリエチレンである。

問1(1)　［ア］にあてはまる最も適切な語句を次の①～⑤より選び，番号を記せ。

①　縮合　　②　置換　　③　付加　　④　開環　　⑤　脱離

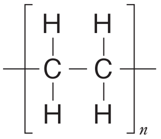
(2)　「［ア］重合」を起こすエチレン，プロピレン，スチレンに共通する基は，以下のうちどれか。次の①～⑥より選び，番号を記せ。

①　エチル基　　②　ビニル基　　③　フェニル基　　④　ヒドロキシ基
⑤　アミノ基　　⑥　カルボキシ基

(3)　［イ］，［ウ］にあてはまる語句の適切な組み合わせを次の①～④より選び，番号を記せ。

①　少なく，低密度　　②　多く，低密度
③　少なく，高密度　　④　多く，高密度

問2　ポリエチレンの構造式を右に示す。平均分子量5.6×10^5のポリエチレン1.4gについて，以下の各問いに答えよ。



(1)　平均の重合度(n)を求め，有効数字2桁で答えよ。

(2)　1.4gのポリエチレンに含まれるポリエチレン分子の物質量を求め，有効数字2桁で答えよ。

2　図1に示すように，ポリビニルアルコール(繰り返し単位 $\text{+CHOH-CH}_2\text{+}$ の式量44)をホルムアルデヒドの水溶液で処理すると，ヒドロキシ基の一部がアセタール化されて，ビニロンが得られる。ヒドロキシ基の50%がアセタール化される場合，ポリビニルアルコール88gから得られるビニロンは何gか。最も適当な数値を，下の①～⑥のうちから一つ選べ。□g

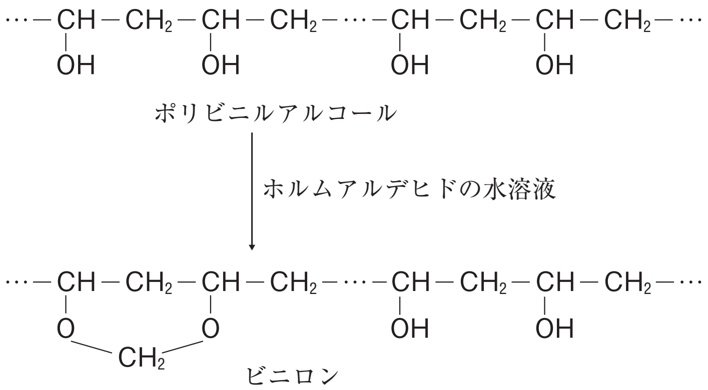


図　1

①　91　　②　94　　③　96　　④　98　　⑤　100　　⑥　102

〈2015年　本試験〉

第18講　確認テスト

1　高分子化合物に関する記述として誤りを含むものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。

①　テレフタル酸は，ポリエチレンテレフタラートの原料である。
②　ブタジエンゴムは，ブタジエンの付加重合で得られる。
③　ポリエチレンは，エチレングリコールの縮合重合により得られる。
④　ポリ酢酸ビニルの原料である酢酸ビニルは，アセチレンに酢酸を付加して得られる。
⑤　塩化ビニルを付加重合させると，ポリ塩化ビニルが得られる。

〈2008年　本試験・改〉

＜Note＞

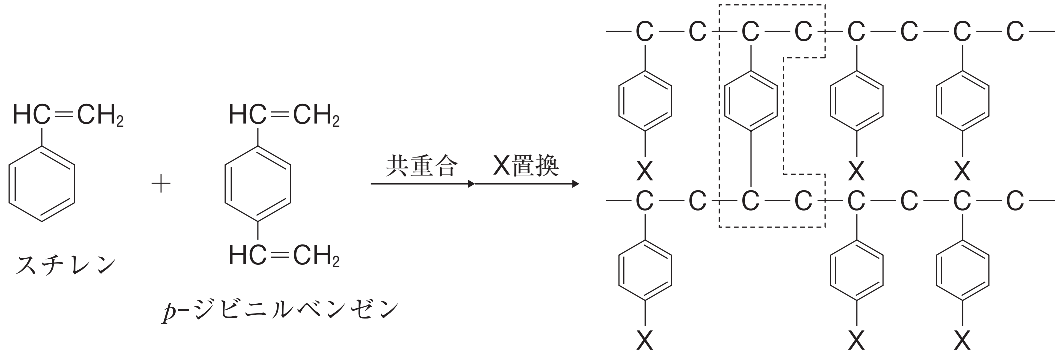
第19講　合成高分子(ゴム・イオン交換樹脂)

2　機能性高分子化合物

高分子化合物の物理的・化学的な機能を有効に利用しているものが機能性高分子化合物である。

①イオン交換樹脂

樹脂に電解質水溶液を流し込むと，樹脂のイオンと水溶液中の同符号のイオンが入れ替わる。このような機能をもった合成樹脂を**イオン交換樹脂**という。



陽イオンが入れ替わるものが**陽イオン交換樹脂**，陰イオンが入れ替わるものが**陰イオン交換樹脂**である。

$$R-SO_3H + NaCl \longrightarrow R-SO_3Na + HCl$$

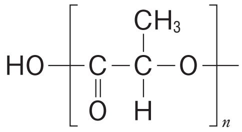
陽イオン交換樹脂

$$R-CH_2-N(CH_3)_3OH + NaCl \longrightarrow R-CH_2-N(CH_3)_3Cl + NaOH$$

陰イオン交換樹脂

②生分解性高分子

土壌や水中の微生物によって分解される高分子が生分解性高分子である。ポリ乳酸が代表例である。

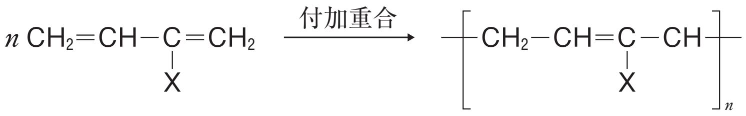


ポリ乳酸

3　ゴム

天然に存在しているのが天然ゴム(生ゴム)，人工的に合成されたのが合成ゴムである。どのようなものがあるのか，頭に入れておこう。

①ジエン系



X			
$-CH_3$	→	ポリイソプレン(天然ゴム)	
$-H$	→	ポリブタジエン	(合成ゴム)
$-Cl$	→	ポリクロロプレン	(合成ゴム)

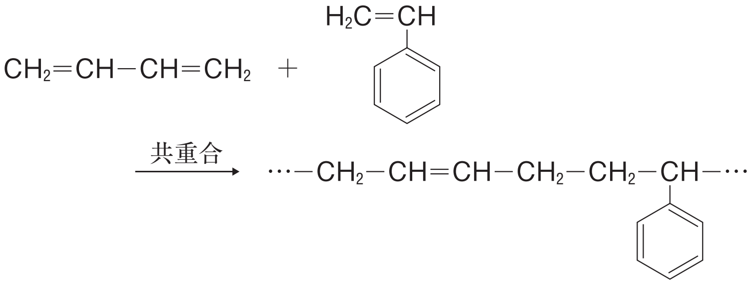
※加硫

天然ゴムに数パーセントの硫黄を加えて加熱すると，架橋構造により丈夫で弾性の増したゴムになる。この操作を**加硫**という。

②共重合系

a.　スチレンブタジエンゴム（SBR）

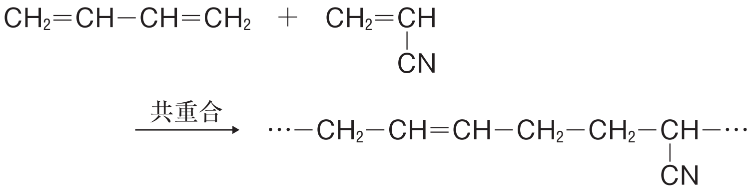
自動車のタイヤなどに利用されている。



SBR

b.　アクリロニトリルブタジエンゴム（NBR）

耐油性に優れ，石油ホースなどに利用されている。



NBR

第19講　演習問題

1　イオン交換樹脂について述べた次の文を読み，下の問いに答えよ。

スチレンに少量の*p*-ジビニルベンゼンを加えて共重合させると，立体網目状構造の樹脂A(図1)が得られる。Aの構造中のベンゼン環の－Hを酸性または塩基性の官能基で置換したものは，イオン交換樹脂として用いられる。

たとえば，Aを濃硫酸で処理すると，[ア]基($-SO_3^-H^+$)をもった樹脂B(図2)が得られる。Bに塩化ナトリウム水溶液を通すと，樹脂中の[イ]と水溶液中の[ウ]が1：1の割合で交換される。このような働きをする樹脂を[エ]樹脂という。

一方，Aの構造中にトリメチルアンモニウム基を含む樹脂C(図3)は，[オ]樹脂として働く。Cに塩化ナトリウム済溶液を通すと，樹脂中の[カ]と水溶液中の[キ]が1：1の割合で交換される。

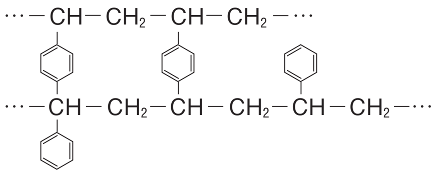


図1　樹脂Aの構造

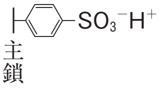


図2　樹脂Bの部分構造

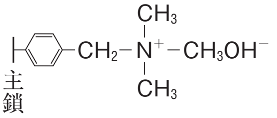


図3　樹脂Cの部分構造

(1)　文中の空欄[ア]にあてはまる官能基の名称を記せ。

(2)　文中の空欄[イ]～[キ]に最も適するイオンまたは語句を次の①～⑩から選び，それぞれ番号で答えよ。

①　Cl^-　②　HSO_3^-　③　H^+　④　$N(CH_3)_4^+$　⑤　OH^-

⑥　SO_4^{2-}　⑦　NH_4^+　⑧　Na^+　⑨　陰イオン交換　⑩　陽イオン交換

2　次の文を読み，以下の(1)〜(4)に答えよ。

天然ゴムは，イソプレン(2-メチル-1, 3-ブタジエン)C_5H_8が[ア]重合したポリイソプレンである。天然ゴム中のポリイソプレン分子は，炭素間の二重結合の部分が[イ]形の構造であるため，力が加わっていない時は，分子全体が平均的には丸まった形をとっている。ゴムを引っ張ると分子全体が伸びた形になるが，この状態が不安定なため，元のように丸まった状態に戻ろうとする。このため，ゴムは伸び縮みする。また，おもりをつるして伸ばした状態のゴムひもに熱湯をかけるとゴムの長さは[ウ]なる。これは，外部からの熱エネルギーによって，ポリイソプレン分子鎖の炭素間の共有結合のうち[エ]結合を軸にした回転運動が活発になるからである。天然ゴムに硫黄を5〜8%加えて熱すると，ポリイソプレン分子鎖間に[オ]構造を形成し，弾性や強度を増すことができる。このような操作を[カ]という。

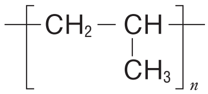
合成ゴムの一種であるスチレン-ブタジエンゴム(SBR)は，スチレンと1, 3-ブタジエンの二種類の単量体の共重合で得られる。SBRは，ベンゼン環を含んでいるため，耐摩耗性，耐熱性に優れており，車のタイヤ等に用いられている。

(1)　[ア]〜[カ]にあてはまる適切な語句を答えよ。

(2)　イソプレンの構造式を記せ。

(3)　下線部について，二重構造の幾何異性体の構造が明らかになるように，ポリイソプレンの構造式を示せ。なお，ポリマーの構造は，右の例にならって表記せよ。

(例)



(4)　スチレンと1, 3-ブタジエンの構成単位比が3：2になるように共重合させたSBRの分子量が4.2×10^4の場合，このSBRは，1分子中に1, 3-ブタジエン単位を何個含むか答えよ。ただし，ポリマーの末端の構造は考慮しなくてよい。

第19講　確認テスト

1　次の文章の中から誤っているものを一つ選びなさい。

① 天然ゴムに硫黄を加えて加熱する操作を加硫という。
② 弾性をもつのはトランス型のゴムである。
③ モノマーが２種類以上の付加重合を共重合とよぶ。
④ アクリロニトリルブタジエンゴムは石油のホースなどに利用される。
⑤ スチレンブタジエンゴムは自動車のタイヤなどに利用される。

第20講　合成高分子（ナイロン・ポリエステル）

1　縮合重合による合成繊維

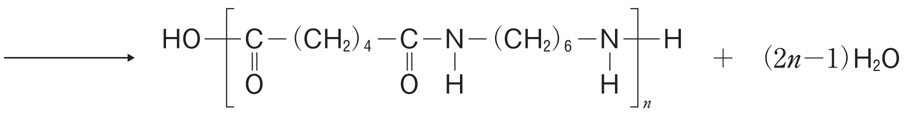
⑴ポリアミド系繊維（ナイロン）

絹や羊毛をもとに合成された繊維である。分子間に水素結合を形成するため，強度の大きい繊維である。しわになりにくい性質ももつ。

a.　6,6–ナイロン（ナイロン66）

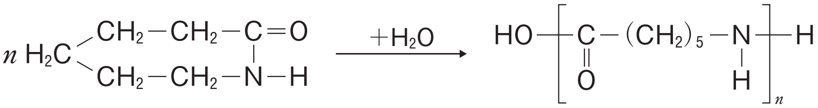
n $HOOC-(CH_2)_4-COOH$　＋　n $H_2N-(CH_2)_6-NH_2$

アジピン酸　　　　　ヘキサメチレンジアミン



6,6–ナイロン

b.　6–ナイロン（ナイロン6）

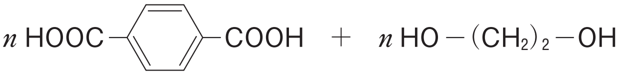


ε–カプロラクタム　　　　　6–ナイロン

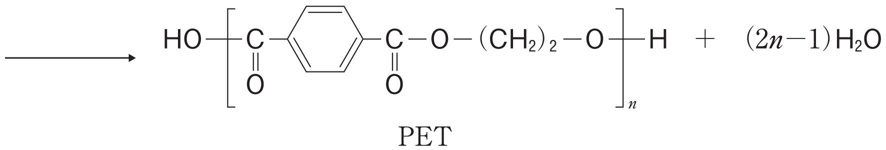
⑵ポリエステル系繊維

a.　ポリエチレンテレフタラート（PET）

乾きやすく，しわになりにくいという性質をもつ。ペットボトルなどの合成樹脂としても多量に利用されている。



テレフタル酸　　　　エチレングリコール



PET

第20講　演習問題

1　次の文章を読んで，(1)〜(5)に答えよ。

二価アミンと二価カルボン酸を反応させると，水分子が次々と取れて，多数の[ア]結合を生じ，鎖状の重合体が生成する。この重合体はポリ[ア]とよばれ，繊維として用いられる。ナイロン66は脂肪族のポリ[ア]であり，$_a$<u>工業的にはヘキサメチレンジアミンとアジピン酸を加熱しながら，生成する水を除去してつくられる</u>。実験室では，アジピン酸のかわりにアジピン酸ジクロリド（分子量183）を用いて，以下の手順1〜手順4によりナイロン66を合成することができる。

手順1：ビーカーにアジピン酸ジクロリド0.50gをはかりとり，ヘキサン15mLに溶かす。

手順2：ヘキサメチレンジアミン1.0gを別のビーカーにはかりとり，水15mLを加えて溶かす。これに$_b$<u>水酸化ナトリウム0.70gを加えて溶かす</u>。

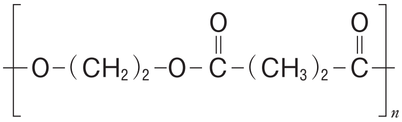
手順3：手順1でつくった溶液を，手順2で準備したビーカーに，ガラス棒を伝わらせて静かに加える。

手順4：有機層（ヘキサン層）と水層の境界面にできた膜をピンセットで静かに引き上げ，アセトンで洗って乾燥させる。

(1)　空欄[ア]にあてはまる語句を記せ。

(2)　ナイロン66の構造式を右の例にならって記せ。

（例）



(3)　ヘキサメチレンジアミンとアジピン酸ジクロリドを用いた実験室でのナイロン66の合成において，下線部aの水の代わりに生成する化合物を，化学式で記せ。

(4)　下線部bについて，下の記述①〜④のうち誤っているものを1つ選び，その番号を記せ。

①　水酸化ナトリウムは，ナイロン66とともに生成する物質がヘキサメチレンジアミンと反応して塩を生じるのを防ぐ。

②　水酸化ナトリウムは，ナイロン66とともに生成する物質を中和する。

③　水酸化ナトリウムは，ナイロン66の生成反応において，触媒としてはたらく。

④　水酸化ナトリウムの代わりに炭酸ナトリウムを用いてもよい。

(5)　ヘキサメチレンジアミンとアジピン酸ジクロリドを用いたナイロン66の合成において，平均分子量2.0×10^4のナイロン66を1.0×10^{-4} molつくるのに必要なアジピン酸ジクロリドは，理論上何gか，有効数字2桁で答えよ。

第20講　確認テスト

1　飽和脂肪族ジカルボン酸 $HOOC-(CH_2)_x-COOH$ とヘキサメチレンジアミン $H_2N-(CH_2)_6-NH_2$ を縮合重合させて，図1に示す直鎖状の高分子を得た。この高分子の平均重合度 n は100，平均分子量は 2.82×10^4 であった。1分子のジカルボン酸に含まれるメチレン基 $-CH_2-$ の数 x はいくらか。最も適当な数値を，下の①～⑤のうちから一つ選べ。

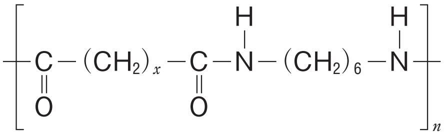


図　1

①　4　　②　6　　③　8　　④　10　　⑤　12

〈2018年　本試験〉

演習問題解答

第1講　演習問題

1 (1) 炭素原子の不完全燃焼を防ぐ

(2) (ウ)は二酸化炭素だけでなく水も吸収するため

(3) C_7H_{16}

第2講　演習問題

1　(ア)・(ウ)・(オ)

2　⑤

第3講　演習問題

1　C_5H_{12}：3種類　　$C_5H_{12}O$：14種類　　C_5H_{10}：10種類

第４講　演習問題

1　(イ)・(ウ)・(オ)

2　(ア)・(エ)

第5講　演習問題

1　①

第6講　演習問題

1

(1)　A：シクロペンタン　　B：2-ペンテン

(2)　C：$CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$

$$\begin{array}{l} \qquad\qquad\ \ CH_3 \\ \qquad\qquad\ \ | \\ D:\ CH_3{-}C{=}CH{-}CH_3 \end{array}$$

(3)　④

(4)　①・④

2

(1)　⑤

(2)　④

(3)　①

(4)　②

(5)　(オ)　④　　(カ)　①

第7講　演習問題

1　(1)　$C_4H_{10}O$

(2)　$2(CH_3)_3COH + 2Na \longrightarrow 2(CH_3)_3CONa + H_2$

(3)　$CH_3-CH_2-\underset{\underset{\displaystyle O}{\|}}{C}-CH_3$

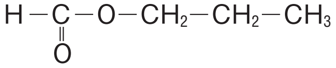
第８講　演習問題

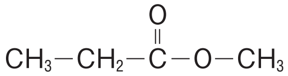
1　a：A　　b：A，B　　c：B　　d：A

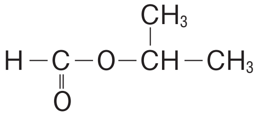
2　A・D・F

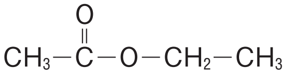
第9講　演習問題

1 (1)

A：

C：

B：

D：

(2)　ギ酸

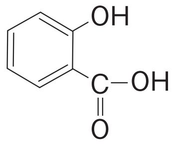
第10講　演習問題

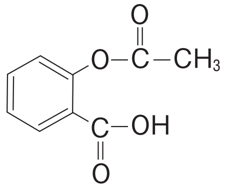
1　④

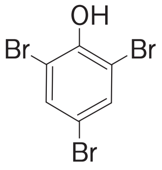
第11講　演習問題

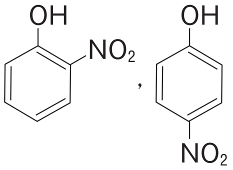
1 (1) ア：クメン　　イ：水素　　ウ：エステル
エ：弱酸　　オ：塩化鉄(Ⅲ)　　カ：再結晶　　キ：クロマトグラフィー

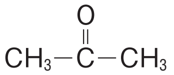
(2)

a


b


c


d


(3)


第12講　演習問題

1　⑤

2　水層Ａ：アニリン
水層Ｂ：安息香酸
水層Ｃ：フェノール
エーテル層Ｄ：ニトロベンゼン

第13講　演習問題

1　(1)　①　OH　②　CHO　③　H　④　OH　⑤　OH　⑥　H

(2)　d

第14講　演習問題

1
(1) 9.9×10^3 個

(2) ⑥

(3) イ：らせん　　ウ：濃硫酸　　エ：濃硝酸(ウとエは順不同)

(4) オ：マルトース　　カ：マルターゼ

(5) B

(6) F

第15講　演習問題

1 (1) ア：アミノ基　イ：カルボキシ基　ウ：陰イオン　エ：陽イオン
オ：陽イオン　カ：陰イオン　キ：陽イオン　ク：陰イオン

(2) 陽極側

第16講　演習問題

1　(1)　③

(2)　ペプチドA　(N末端)Ala－Cys－Lys（C末端）

ペプチドC　(N末端)Cys－Ser（C末端）

第17講　演習問題

1 (1) 872
(2) 9

2 ア：弱　イ：強　ウ：加水分解　エ：疎水　オ：ミセル
カ：乳化　キ：ナトリウムイオン　ク：強　ケ：強　コ：中

第18講　演習問題

1　問1　(1)　③　　(2)　②　　(3)　④

問2　(1)　2.0×10^{4}

(2)　2.5×10^{-6}

2　②

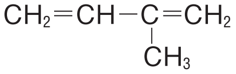
第19講　演習問題

1　(1)　スルホ基

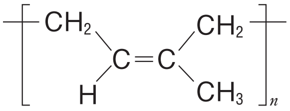
(2)　イ：③　ウ：⑧　エ：⑩　オ：⑨　カ：⑤　キ：①

2　(1)　ア：付加　イ：シス　ウ：短く　エ：単　オ：架橋　カ：加硫

(2)



(3)

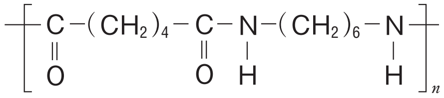


(4)　2.0×10^2 個

第20講　演習問題

1　(1)　アミド

(2)



(3)　HCl

(4)　③

(5)　1.6 g

確認テスト解答

第1講　確認テスト

1　④

第2講　確認テスト

1　ア・イ・エ

第3講　確認テスト

1　3種類

第４講　確認テスト

1　③

第5講　確認テスト

1　④

第6講　確認テスト

1　⑥

第７講　確認テスト

1　b・c・e

第8講　確認テスト

[1]　②

第９講　確認テスト

1　④

第10講　確認テスト

1　(i)　3　(ii)　5　(iii)　4　(iv)　1　(v)　2

第11講　確認テスト

1　ア：②　　イ：④

第12講　確認テスト

1　A：b　B：f　C：g　D：d　E：k　F：j

第13講　確認テスト

1　⑤

第14講　確認テスト

1　④

第15講　確認テスト

1　③

第16講　確認テスト

1　⑤

第17講　確認テスト

1　②

第18講　確認テスト

1　③

第19講　確認テスト

1　②

第20講　確認テスト

1　③